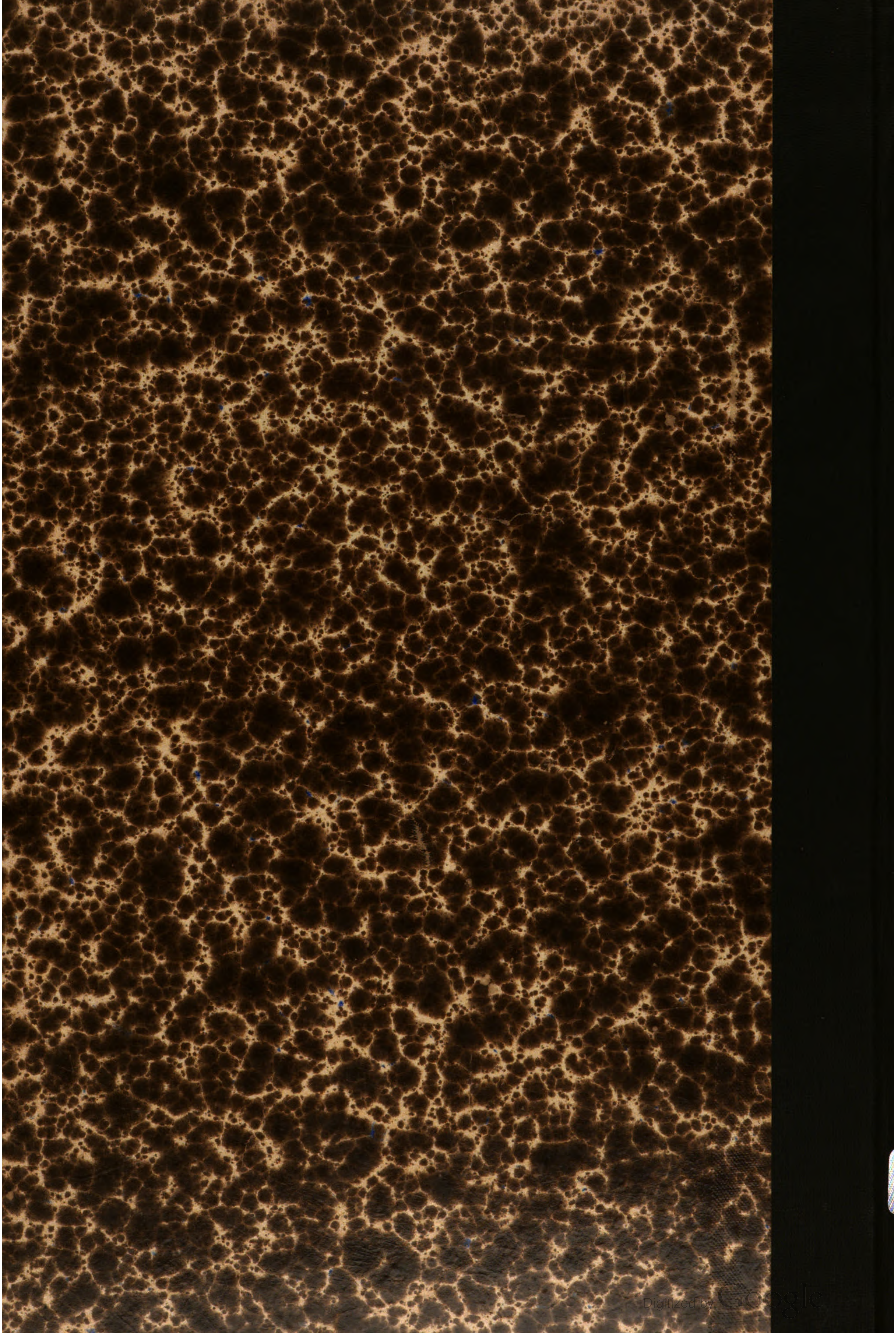




Babinger gives 2 v. with Anhang + Tafelband (36 pl.)

1303/H 387 + 58 p.

فهرســـة كتاب
رياض المختـار

Title-page is 7th leaf

(فهرسة كتاب رياض المختار)

صحيفه	مادة	
		(القسم الثانى فى جيوب الزوايا وحل المسائل)
٢٤٣	١٥٣	الفصل الاول فى بيان ربع المجيب
٢٤٤	١٥٤	الفصل الثانى فى كيفية رسم ربع الدستور و بيان أسماء خطوطه
٢٤٥	١٥٥	كيفية ايجاد جيب زاوية مفروضة وتمام جيبها وبالعكس
٢٤٨	١٥٦	كيفية ايجاد مماس زاوية مفروضة وتمام مماسها و بالعكس
٢٥٠	١٥٧	فى معرفة السهم لقوس أوالقوس لسهم
		(الفصل الثالث فى كيفية اجراء العمليات الحسابية الاربع على جيوب الزوايا وترفيعها وتجذيرها)
٢٥١	١٥٨	فى جمع وطرح الجيوب وتمامها والمماسات وتمامها والاسهم
٢٥١	١٥٩	كيفية استعمال ربع الدستور لضرب جيب فى جيب آخر واستخراج الزاوية المقابلة لحاصل الضرب
٢٥٥	١٦٠	كيفية ضرب تمام الجيوب بعضها فى بعض
٢٥٥	١٦١	فى ضرب المماسات بعضها فى بعض وكيفية استخراج زاوية لحاصل
٢٥٨	١٦٢	ضرب تمام المماس فى مثله
٢٥٩	١٦٣	كيفية قسمة الجيب وتمام الجيب والمماس وتمام المماس
٢٦٨	١٦٤	رفع الجيب الى قوة ما
٢٦٩	١٦٥	فى تجذير الجيب
٢٧٠	١٦٦	ترقية تمام الجيب وتجذيره
٢٧٠	١٦٧	ترقية المماس وتمام المماس وتجذيرهما
٢٧١	١٦٨	الفصل الرابع فى تطبيقات على ماتقدم
٢٧١	١٦٩	المقدمة والمبحث الاول والثانى
٢٧١	١٧٠	تعيين ميل الشمس الاول وغاية ارتفاعها
٢٧٤	١٧١	استخراج ميل الشمس الثانى
٢٧٦	١٧٢	استخراج ابعاد الكواكب
٢٨٠	١٧٣	تعيين عرض البلد

(تمت)

كتاب
رياض المختـــار
مرآة الميقات والادوار

تأليف

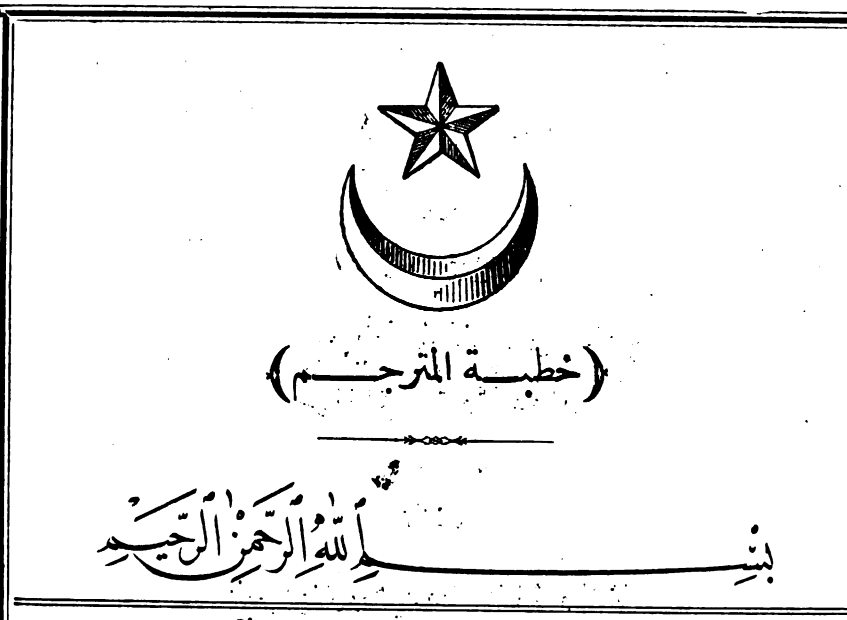
البحر الزخار ومشيد دعائم المآثر والآثار
ومجدد معالم العلوم فى هذه الاعصار صاحب الدولة

الغازى أحمد باشا مختار

Ahmed Mukhtar Pasha, Ghazi

ترجـــــه
من التركية الى العربيـــه
شفيق بك منصور
(يكن)

(الطبعة الاولى)
بالمطبعة الكبرى الاميرية ببولاق مصر المحميـــة
ســــــنة ١٣٠٦
هجرية



(خطبة المترجم)

بسم الله الرحمن الرحيم

الحمد لله الذى جعل الليل والنهار خلفة لمن أراد أن يذكر وأبدع السموات والارض على غير مثال مقدّر والصلاة والسلام على سيدنا محمد محور عالم الكمال ومطلع الوقار والجلال وعلى آله الذين اجتازوا قناطر الاخطار بعزائمهم وشق الشرك جيوبه بصوارمهم وعلى جميع الانبياء والمرسلين ماتعاقبت الايام والسنين

أما بعد فان للعلوم كما للاجساد صحة واعتلالا وقوة وضعفا وشبيبة وهرما وعافية وسقما وقد كان لعلم الفلك فى الديار المشرقية الشأن الباهر والسلطان النافذ والمكانة المكينة والدرجة الرفيعة أيام كانت الديار الاوروپاويه خلوا من المعارف صفرا من العلوم وكم وضع علماء الاسلام فيه التآليف العديدة والتصانيف المفيدة واخترعوا الآلات الدقيقة واستخرجوا الاعمال الغريبة ورصدوا السيارات والثوابت ورسموا المنحرفات والبسائط وقاسوا العروض والاطوال وحرروا النتائج والاعمال ولم يدعوا صغيرة ولا كبيرة مما تدعو اليه الحاجة من هذا العلم الا مارسوها وضبطوها ونشروها فى الدروس أو أودعوها صدور الكتب وبطون الرسائل ثم خلف من بعدهم خلف أضاعوا الهدى واتبعوا الهوى وآثروا الراحة ولازموا الخمول فكسدت لديهم تجارة العلوم وخسرت صفقة الفنون فلاجرم استحالت قوة هذا العلم ضعفا وارتفاعه انحطاطا وتبدّل استفحاله اضمحلالا وكماله نقصانا ولم يبق منه الارسوم دارسة وقف عندها الخالفون واطلال بالية تشبب بها المترسمون

كأن لم يكن بين الحجون الى منى * أنيس ولم يسمر بمكة سامر

وفى تلك الاثناء هب الغربيون من كرى الخمول ونفضوا نعاس الدعة من أعينهم فتناولوا هذا العلم الشريف فى جملة ما تناولوه من العلوم واشتغلوا به صباح مساء حتى أوصلوه الى مقامه المعلوم واستنبطوا منه فوائد يعز الوصول اليها واخترعوا آلات يعوّل فى أعماله العجيبة عليها وانتهجوا طرقا قريبة التناول ساعدهم على سلوكها تقدم العلوم الرياضية والطبيعية ونحن ننظر اليهم من طرف خفى ولا نحذو حذوهم فى هذا المضمار

وما زالوا ينشطون ونفتر ويجدّون ونفتر ويقتربون ونبعد ويسيرون ونقعد حتى كادت تنمحق لدينا الآثار الفلكية وينمحى اسمها فى هاته الديار بالكلية مع انها أليق بالاشتغال بمثل هذه الاعمال وأوفق للارصاد من غيرها من البلاد ولكن للاشياء أوقات ولربنا فى أيام دهرنا نفحات

والدهر لا يبقى على حالة * لابد ما يقبل أو يدبر

فقد تنبهت اليوم أفكار العلماء من المشرقيين لاعادة مآثر أسلافهم ووفقوا لاحياء آثار قومهم فطفقوا يجولون بأفكارهم فى ميادين العلوم ويحومون بعقولهم على مواردها ويجهدون النفوس فى تحصيل نفائسها ويروّحون الارواح بنسماتها ويوضحون معالمها الطامسة ويعمرون أربعها الدارسة فما أجدر هذا العصر أن يسمى عصر بعثة العلوم واحياء رفاتها

ومما يعد مأثرة فى هذا الشأن وحسنة من حسنات الايام وغرة فى جبين العصر كتاب (رياض المختار مرآة الميقات والادوار) تأليف صاحب السيف والقلم وناشر العلم والعلم زينة المحافل والجحافل ورب الفضائل والفواضل من شهدت بعلو قدره الكتب والكتائب واعترفت بحدة أفكاره وأسنته الثواقب فخر أساطين الحكمة والكياسة وامام مشاهير العلم والسياسة الوزير الخطير صاحب الدولة (الغازى أحمد مختار باشا) فانه جمع فيه من الفوائد الفلكية أسناها وأسماها ومن الفرائد الرياضية أعلاها وأغلاها وقد قسمه الى بابين ضمن الاول الكلام على البسائط الزوالية والغروبية والثانى الكلام على الاصطرلاب والربع المقنطر والمجيب والبسائط سطوح مستوية أو غير مستوية مثبت بها شخوص قائمة أو غير قائمة ومرسوم عليها خطوط تقع عليها بالتدريج ظلال الشخوص فتعلم الاوقات والزوالية منها ما تؤدى عمل ساعة افرنكية والغروبية ما تؤدى عمل ساعة عربية وتمتاز البسائط عن الساعات

بأنها متى وضعت وضعا صحيحا لايلحقها خلل من تقديم وتأخير ونحوهما وأما الاصطرلاب والربع المقنطر والجيب فهى آلات لطيفة اشتغل بها علماء الاسلام حينا من الدهر وأمكنهم بواسطتها معرفة الاوقات وتعيين الجهات الاربع وسمت القبلة فى أى بلد وارتفاع الكواكب وتوسطها واستخراج عروض البلاد وقياس علو الاشياء وسعة الانهر وغير ذلك من الفوائد التى يحتاج الانسان اليها ولا بد له من الحصول عليها

ولم يترك شيأ مما يتعلق بهذه الآلات الا بين أساسه وأوضح أصله وطبقه على قواعد هندسية أوجبرية أوجغرافيـة أوكسموغرافية بحيث يستفيد المطالع منه زيادة عن المطالب المقصودة منه بالذات فوائد شتى من علوم متعددة وأمثلة واقعية تظهر بها ثمرات الفنون الرياضية

ومن حسن طالع البلاد المصرية ان صادف انتهاء تأليفه قرب قدوم مؤلفه عليها فكان لها الحظ الاعلى لسطوع نوره من أفقها وطبعه بمطبعتها الكبرى

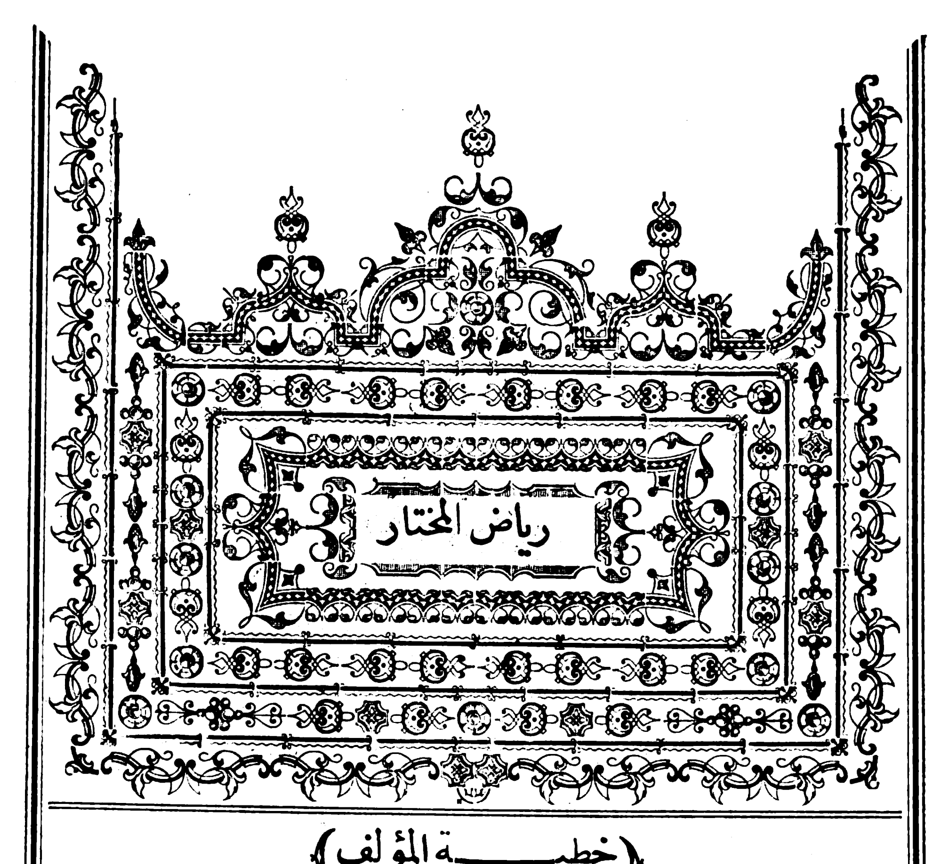
ولما كان الكثير من أبناء اللغة العربية يتشوقون الى ورود منهله العذب واقتطاف جناه الدانى ولا يجدون الى ذلك سبيلا لكونه تركى العبارة أشار على حضرة المؤلف واشارته حكم بتعريبه تعميما للمنفعة وقياما بواجب حق اللغة العربية وغيرة على بنيها أن يحرموا من مثل هذه الثمرات وليتسنى تناوله لعموم رعايا دولتنا العلية أيد الله شوكتها وخلد صولتها بدوام عروتها الوثقى أمير المؤمنين وفخر الملوك والسلاطين مولانا السلطان ابن السلطان السلطان الغازى عبد الحميد خان أمده الله بنصره وعطر الخافقين بشذى ذكره وأدام خديوينا المفخم توفيقنا الاول مطلعا للمآثر وموردا للمفاخر وعضدا لتقوية المعارف والعلوم واذاعة نشرها بين العموم

وكل من مارس الترجمة وكابد التعريب يوسع لى عذرا اذا رآنى قدمت فى بعض الاحيان كلمة على أخرى أوأسقطت لفظا أوزدت آخر جريا على ماتقتضيه هذه الصناعة فان اصطلاحات الالسنة تختلف وأذواق اللغات قد لاتأتلف واذا كنت نسيت أوأخطأت أوقصرت فمن ذا الذى سلم من الهفوات على أن الحسنات يذهبن السيآت والله المسؤل أن يعين على اتمام ماقصدناه فلا معتمد غيره ولا معين سواه

(شفيق منصور)

كتاب
رياض المختار

مرآة الميقات والادوار



﴿خطبة المؤلف﴾

﴿بسم الله الرحمن الرحيم﴾

الحمد لله الذى أنعم على عباده بمعرفة دقائق بسائط العالمين وهو الذى جعل الليل والنهار والشمس والقمر كل فى فلك يسبحون مدى الدهور والسنين والصلاة والسلام على سيدنا ونبينا محمد خاتم النبيين وعلى آله الطاهرين الطيبين وأصحابه أجمعين أما بعد فقد قال تبارك وتعالى ان الصلاة كانت على المؤمنين كتابا موقوتا وقال هو الذى جعل الشمس ضياء والقمر نورا وقدره منازل لتعلموا عدد السنين والحساب فاظهر سبحانه لعباده بهاتين الآيتين الشريفتين ان للصلاة أوقاتا معينة كتب على المؤمنين أداؤها فيها وأن مايحتاج اليه الانسان فى أحواله الدينية والدنيوية من معرفة الاوقات وتعداد السنين يكفى فى حصوله مراقبة الشمس والقمر ومع كون مجرد ذلك كافيا فى قياس الزمان نجد اذا بحثنا فى تاريخ القدماء ان الصينيين كانوا على عهد سنة (١١٠٠) قبل الميلاد يستعملون (الغومون) مقياسا لاوقات النهار بمعنى انهم كانوا يعينون الاوقات النهارية بمواقع ظل جسم قائم ينتقل ظله فى نقط مختلفة حسب تحرك الشمس

وهم

وهم أول من استعملوا هذه الطريقة ثم استعملها من بعدهم المصريون والكلدانيون واليونان والرومان ولكنهم رأوا ان بها قصورا لعدم افادتها الاوقات الليلية فلذلك اخترعت (الرملية) لثمانية قرون قبل الميلاد ثم (المائية) لستة قرون قبله أيضا وكلاهما وعاء مثقوب ينزل منه الرمل أو الماء بقدر معلوم

واذا بحثنا عن الوحدة التى كانوا يعتبرون بها الزمن فى تلك الاعصر فحسبنا بالنسبة للطريقة الاولى كتاب (جامع المبادى والغايات فى علم الميقات) المؤلف عام ٦٢٧ هجرى الموافق عام ١٢٣٠ ميلادى فقد تكلم مؤلفه (أبو الحسن على المراكشى) على بسائط الساعات الزمانية (١) بجميع أنواعها ورسم جميع صورها وكذا صورتين أو ثلاثا من بسائط الساعات المستوية الزوالية المستعملة لهذا العهد وقال ان هذا النوع من البسائط غير مستعمل ولم يتعرض لذكر بسائط الساعات المستوية الغروبية مطلقا فيظهر من ذلك ان البسائط التى كانت مستعملة اذ ذاك جارية كلها على حساب الساعات الزمانية وفى ذلك دلالة على ان الساعة الزمانية هى التى كانت معتبرة وحدة للقياس على أنهم كانوا معترفين بضرورة معرفة الساعات المستوية ولذلك كانوا يستنبطونها من حساب الساعات الزمانية الا انه لم يعلم بالتحرير أكان مختصا عدم استعمال بسائط الساعات الزوالية فى تلك المدة على ماقاله أبو الحسن بالبلاد الاسلامية ام كان شاملا للبلاد الاروباوية أيضا وهو بحث لازم فليحرر

وأما بالنسبة للطريقة الثانية أى طريقة الرملية والمائية فالمعلوم ان الكلدانيين كانوا يعتبرون مدة مابين طلوع كوكب تا من الافق وطلوعه مرة ثانية و يقارنون بها أدوار انتهاء الرمل أو الماء اثنتى عشرة مرة متوالية بحيث كان كل دور يطابق ظهور برج من القبة السماوية فيعلم من مقارنتهم كل دور ببرج ان الغرض كان الوصول لمعرفة الساعات المستوية ولكن لايخفى مافى ذلك من عدم الضبط والتدقيق

والحاصل أن القدماء اتخذوا الساعة الزمانية وحدة لقياس الزمن وتوصلوا لاستعمال الطرق المؤدية الى ذلك واعترفوا بلزوم معرفة الساعات المستوية ولم يتوصلوا لاتخاذ

(١) الساعة الزمانية هى جزء من اثنى عشر جزأ من المدة التى بين طلوع الشمس وبين غروبها أو بين غروبها وطلوعها فكل من الليل والنهار ينقسم على الدوام ١٢ ساعة زمانية فهى متساوية العدد مختلفة المقادير ولذلك تسمى أيضا بالساعات غير المستوية بخلاف الساعة المستوية فانها جزء من أربعة وعشرين جزأ من مجموع الليل والنهار فهى متساوية المقادير مختلفة العدد

آلات توصل اليها من أول الامر فأخذوا يحسنون الرملية والمائية شيأ فشيأ زمنا بعد زمن حتى وصلتا فى القرن الثامن بعد الميلاد الى غاية عليا فى التقدم والتحسن

وفى خلال هاته الازمنة كانوا مشتغلين باختراع ماكينة لتعيين أوقات الليل والنهار باعتبار الساعات المستوية وعلى بعض الروايات ان الساعات الدقاقة أو ذوات الاثقال المتقابلة هى من اختراع العرب ولا نجزم بصدق هذه الرواية وان اشتهر أن الخليفة المامون أهدى الى ملك فرانسا فى سنة ٢٠٠ هجرية الموافقة لسنة ٨٢٢ ميلادية ساعة من هذا النوع وان هذه الصناعة انتقلت من هذا العهد الى بلاد أوروبا

والذى تدل عليه أقوال مؤرخى الاوروباويين ان فى مخترع هذه الساعة ثلاثة أقوال أحدها انه باسيفيكوس المتوفى فى وه رونا عام ٨٤٦ ميلاديه والثانى انه العالم الشهير جربرت المسمى سيلوستر الثانى فى البابويه المتوفى عام ١٠٠٣ ميلاديه والثالث انه ويل هيلم فون هيرشار المتوفى عام ١٠٩٠ ميلاديه

وهذه الآلة المبينة للساعات المستوية وضعت موضع النظر والتحسين واعتنى الناس بأمرها ولاسيما أهل الجيل الرابع عشر الميلادى حتى ان كرلوس الخامس ملك فرانسا استقدم الى مملكته من المانيا فى عام ١٣٧٠ ميلاديه الصانع الماهر هانرى ويق فوضع له فى دائرة العدلية ساعة دقاقة لاتختلف عُددها عن عدد الساعات المستعملة الآن ومازالت العلماء والصناع يتسابقون الى اتقان الساعات ويتعاقبون على تحسينها ففى سنة ١٦٤١ ميلاديه كشف العالم الاوروباوى الشهير غاليله أصول دوران آلاتها بالرقاص فأحرز اسم مخترع ساعة الرقاص مع أن العلامة ابن يونس صاحب الارصاد الشهيرة الذى كان مقيما بمصر فى سنة ٣٩٣ هجرية الموافقة (١٠٠٣ ميلاديه) قد سبقه الى ذلك وان لم يتيسر له نشره واذاعته

وفى سنة (١٦٧٥ ميلاديه) ادخل (هيكن) فى آلاتها الزمبرك الحلزونى وفى أواخر القرن الثامن عشر والنصف الاول من القرن التاسع عشر وضع (بره كه) وغيره فى تركيبها التروس المنتظمة بصفة مستحسنة ثم اخترعوا الساعة المعروفة بالكرونومتر وهى غاية فى الدقة والضبط ولذلك تستعمل فى السياحات البحرية وقد توصلوا أخيرا الى ادارة الساعات بالسيال الكهربائى على وجه تام

ومهما كانت أنواع الساعات وطرق ادارتها فالقصد منها الوقوف على حساب الزمن بالساعة المستوية التى هى عبارة عن قسم واحد من أربعة وعشرين قسما من اليوم

الكامل الذى هو مجموع الليل والنهار الآن المسلمين من عهد ظهور الساعة يعتبرون المبدأ من غروب الشمس ويديرون ساعاتهم على ذلك وأكثر الامم الباقية يعتبرون الزوال مبدأ لهم وعلى ذلك تدار ساعاتهم وتسمى الساعات على الاعتبار الاول غروبية وعلى الاعتبار الثانى تسمى زوالية فاصحاب الساعات الزوالية رأوا أن تكون بسائطهم زوالية كما رأى أرباب الساعات الغروبية أن يجعلوا بسائطهم غروبية وبسبب ما ذكر سقط اعتبار بسائط الساعات الزمانية وترك استعمالها

ومع مسيس الحاجة الى البسائط الغروبية لم تدوّن فيما نعلم قاعدة نظرية لبيان أصول رسمها كما دوّنت نظريات لبيان أصول رسم البسائط الزوالية فى كثير من الكتب الافرنجية بل يؤخذ من قول بعض أرباب هذا الفن أن رسم البسائط الغروبية لم يكن تحت أساسات نظرية وروابط كلية بل ربما يمكن رسمها بتتبع مواقع ظل الشاخص مدّة حول كامل أو فى كل ساعة من بعض أيام معينة

وحيث كان للعبد الضعيف القليل البضاعة الغازى أحمد مختار بن خليل بن ابراهيم الملقب بقطارجى زاده البروسوى شغف من عهد الصبا بهذا الفن واشتغلت بتدريسه مدة فى المكتب الحربى الشاهانى بدار السعادة بعد ما تلقيت العلوم والفنون فى مكتب تجهيزية العسكرية ثم أتممتها فى المكتب الحربى الملوكى المتقدّم ذكره ثم تشرفت (فى سنة ١٢٧٧ هجريه) برتبة الضابط ورافقت الاوردوى السفرى الهمايونى زمنا ثم عينت فى سنة (١٢٨٠ هجريه) لتدريس علم الهيئة وغيرها بالمكتب الحربى المذكور فلم يسعنى السكوت عن البسائط الغروبية فانقدح فى فكرى نظرية اساسية لقواعد رسم سائر البسائط الغروبية على أىّ نوع من السطوح استنبطتها من البسائط الزوالية فرأيت أن أضع فى هذا الموضوع كتابا وافيا بالغرض كافلا باظهاره من القوّة الى الفعل والتزمت أن أتكلم على البسائط الزوالية أولا لتكون كالمقدمة للمقصود بالذات من هذا الكتاب

وقد صار الشروع فى طبعه سنة (١٢٨٢) ولكن حال دون اتمامه موانع استلزمتها مقتضيات أحوالى العسكرية من أسفار متتالية وأعمال متوالية

ثم فى زمن استنارة الزمان بطلعة جبين ناشر العدل والامان على كل ساهر ووسنان صاحب الدولة المشيدة الاركان ملك ملوك العصر والاوان السلطان ابن السلطان ابن السلطان السلطان الغازى عبد الحميد خان الثانى ابن السلطان الغازى عبد المجيد خان

ابن السلطان الغازى محمود عــدلى خان جعــله الله تعــالى مخلدا لمقرّ تدبير الشوكة والشــان دعتنى شدّة رغبته الشاهانية فى نشر المعــارف لاذ كاء المغيرة وتجــديد عهد الشوق بعد أن أ كنته الشواغل وأ كنته الصروف عشرين عاما فأرجعت البصر الى الكتاب كرة ثانية وهممت بإبرازه الى عالم الوجود

وفى تلك الاثناء أبلغ الىّ كثير من المحبين تشوّقهم الى أن أضم اليه الكلام على بعض آلات فلكية عتيقة عنى بها قديما علماء الاســلام وأمكنهم بها الوصول الى كثــير من الاعمال الفلكية الدقيقة قبل ظهور الآلات الحديثة واستفاضة العلوم الرياضية وهى الاســطرلاب والربع المقنطر وعلى الخصوص الآلة الغريبة الوضــع الغزيرة النفع الدالة على ما لأولئك العلماء من سموّ الدرجة وعلوّ المكانة فى الرياضيات ووصولهم فيها الى حــدّ تندهش دونه الابصــار وتنبهر له البصــائر أىّ انبهار وهى الربع المجيب الذى كان يمكن به حل القوانين الجبرية قبــل أن يسمع باسم لوغاريتمات ومع كل ذلك فجميع ماوصل لايدينا من الكتب فى هذا الشأن وان احتوى على بيان كيفية الرسم والعمل خال من بيان الاصول النظرية والاساسات الاوليــة التى انبنى عليها ذلك فلم أر بدّا من انالتهم مارغبوه واجابتهم الى ماطلبوه فاستعنت الله فى انجاز هــذا العمــل وخصصت ماأمكننى انتهازه من الفرص الزمانية بعــد اجراء موجبات وظيفتى العسكرية للاشتغال بهذه الآثار حتى تيسرلى ا كمال ماقصــدته من شرحها وتوضيح أصولها وتعريف الاوقات الشرعية الاسلاميــة بهــا كمواقيت الصــلوات وغيرها على اختلاف مذاهب الائمة الاربعة رحمهم‌الله تعالى وجريت فى جميع ذلك على اصطلاحات قدماء الراصدين من علماء الاسلام وحسابات التقاويم المحررة المتداولة

فجاء بحمد الله كتابا وافيا بالمقصود كافلا للمراد ورتبته على بابين وخاتمة يشتمل كل باب على قسمين وكل قسم على فصول وقــد كــل تأليفه فى شهر صــفر الخير عام (١٣٠٣) وسميته (رياض المختار مرآة الميقات والادوار) وجعلته هدية خالصة للخلف راجيا منهم حسن القبول وخير الذكرى

وانى وان شمرت فى تأليفه ساعد الجدّ وبذلت فى تنقيحه وتهذيبه غاية الجهد فانى معترف بقصر باعى وقلة بضاعتى غــير آمن من وقوع الغلط والنقصان والانســان كما قيل مركب من النسيان فأرجو ممن اطلع عليه من ذوى الكرم والمروآت وأرباب المعارف اذا عثروا على هفوة أن يغفروها أو عثرة أن يقيلوها ويصلحوها فمن أعان لايبقى بلا معين ولا يبخس حقه من وفى بالحق وبالله التوفيق

كتاب

كتاب
رياض المختار
مرآت الميقات والادوار

رياض المختار
مرآة الميقات والادوار

الباب الاول
(فى فن رسم البسيطة)

(مقدمة الباب)

(١) لما كانت الساعات اجزاء من الايام والايام عبارة عن دورات الشمس كان من الممكن بيان الساعات والدقائق بنفس الطرق المستعملة لبيان دورات الشمس فى كل يوم وهذه الطرق نوعان

الاول ان يوضع جسم على سطح بحيث يحدث عليه ظلا متغيرا فى كل آن بتغير موضع الشمس ثم يرسم على السطح خطوط دالة على المواضع التى يمر بها الظل فيعلم منها ساعة كل وقت

والثانى أن تؤخذ لوحة صغيرة من معدن فى وسطها ثقب مستدير وتوضع امام سطح بحيث يحدث ضوء الشمس المار بهذا الثقب على السطح نقطة مضيئة متغيرة المكان فى كل ان مع تغير موضع الشمس ثم يرسم على السطح خطوط دالة على مواضع النقطة المذكورة فتعلم منها فى كل وقت الساعات والدقائق فكل سطح يرسم عليه خطوط بالكيفية المشروحة يسمى بسيطة والفن الذى يبحث عن رسم تلك الخطوط يسمى فن البسيطة وهو قسمان فن البسيطة الزوالية وفن البسيطة الغروبية وسنبين كل قسم فى محله وهذا الفن فرع مهم من كل من علمى الهيئة والهندسة

(فى حركة الشمس الحقيقية والظاهريه)

(٢) حيث ان حركة الشمس هى الاساس لفن البسيطة فينبغى لنا قبل الدخول فى موضوعه أن نمهد بذكر بعض قواعد فلكية تختص بها فنقول اذا تأملنا للشمس نشاهد أنها تتحرك حول الارض فى كل أربع وعشرين ساعة من الشرق الى الغرب مرة واحدة أى انها ترسم كل يوم على قبة السماء دائرة تسمى بالدائرة اليومية فهذه الحركة وان كانت فى الحقيقة ناشئة عن دوران الكرة الارضية على محورها من الغرب

الى

الى الشرق فى المدة المذكورة لكننا نعتبرها لاجل سهولة تصور ما يأتى ناشئة عن دوران الشمس حول الارض حسب الحالة الظاهرية المشاهدة والنتيجة لا تختلف

(فى محور العالم)

(٣) اذا فرضنا اخراج عمود من مركز الارض على سطح الدائرة اليومية المذكورة آنفا يسمى هذا العمود محور العالم واذا فرضناه ممتدا الى غير نهاية فيلاقى كلا من الكرة الارضية والكرة السماوية فى نقطتين فالنقطتان (ن نَ) شكل (١) اللتان فوق الافق تسميان بالقطبين الشماليين والنقطتان (كَ كَ) اللتان تحته بالقطبين الجنوبيين وكل سطح مستو يمر بهذا المحور يقطع الكرتين السماوية والارضية فى دائرتين ولنفرض الاولى (نَ ص كَ حَ) والثانية (ن ء ك ح) فيمكننا أن نبين فى الرسم هاتين الكرتين بالدائرتين المذكورتين

وللمحور على ماهو معلوم عند أرباب هذا الفن حركة صغيرة ذاتية الا أنه يعتبر ثابتا فى أكثر العمليات والحسابات التى لا تحتاج الى تدقيق عظيم

(فى حركة الشمس الانتقالية والسطح الحاصلة فيه هذه الحركة)

(٤) للشمس زيادة عن الحركة اليومية التى ترسمها كل يوم كما ذكر آنفا حركة أخرى تسمى بالحركة الانتقالية أو السنوية وهى تحدث فى سطح مستو مائل على سطح الدائرة اليومية بقدر ثلاث وعشرين درجة وثمان وعشرين دقيقة

لنرسم من مركز العالم (ب) شكل (١) سطح (حَ ءَ) عمودا على محور العالم (نَ كَ) فيكون هذا السطح من ضمن الدوائر اليومية واذا رسمنا سطح (هـ ص) بحيث يصنع معه زاوية مقدارها ٢٨َ ,, ٢٣° فيكون هذا السطح هو الذى تحدث فيه الحركة السنوية السابق ذكرها وهو يقطع الكرة السماوية على دائرة عظيمة تسمى بالدائرة الكسوفية أو دائرة البروج وعلى ماذكر فالشمس توجد كل يوم على نقطة من نقط دائرة البروج المذكورة وترسم منها دوائرها اليومية التى هى موازية للسطح (حَ ءَ) المسمى بخط الاستواء فيكون محور العالم عموديا على جميع هذه الدوائر

ولتعيين الدوائر اليومية يكفى تعيين أبعادها من خط الاستواء بقياس درجات قوس خط نصف النهار الواقع بين كل واحدة منها و بين خط الاستواء المذكور وتسمى هذه الابعاد ميولا

(فى حركة الشمس بالنسبة الى الميل)

(٥) يتبادر مما سبق أن الشمس ترسم كل يوم دائرة تامة عمودية على محور العالم الأن حقيقة الواقع أن هذه الدوائر ليست تامة لانها لوكانت كذلك للزم بالنظر الى حركة الشمس الانتقالية على دائرة البروج أن تنتقل فجأة فى آخر كل أربعة وعشرين ساعة على اتجاه خط نصف النهار واللازم باطل بالمشاهدة وحقيقة الامر أن الشمس فى حركتها اليومية يختلف بعدها فى كل آن من خط الاستواء فيستنبط من ذلك ان الدوائر اليومية المذكورة ليست بدوائر تامة كما يتبادر مما سبق بل هى طيات حلزون بريمى ولكن حيث ان البعد بين طيتين متواليتين من هذه الطيات وبعبارة أخرى حيث ان اختلاف ميل الشمس فى كل أربع وعشرين ساعة هو صغير جدا فيمكن اعتبار الطيات المذكورة دوائر تامة بدون أن يحدث من هذا الفرض خطأ ظاهر فى انشاء البسائط وبناء على ذلك اذا أخذنا من التقويم ميل الشمس ليوم معلوم ولنفرضه شماليا مثلا ثم فصلنا بقدره قوسا من خط نصف النهار محصورا بين خط الاستواء والقطب الشمالى وليكن قوس (حَ م) شكل (١) ورسمنا على نهايته (م) الخط (م ل) موازيا لخط الاستواء يكون (م ل) هو الدائرة التى ترسمها الشمس فى اليوم المفروض

(فى كيفية تغير ميل الشمس ما بين خط الاستواء والانقلابين)

(٦) فى أثناء ما تتحرك الشمس على دائرة البروج (ص هـ) يأتى وقت توجد فيه على النقطة (ب) ففى ذلك الوقت تكون دائرة الشمس اليومية نفس خط الاستواء ويكون الميل حينئذ معدوما وبعد هذا الوقت يأخذ الميل الشمالى فى التزايد بالتدريج مدة ثلاثة شهور حتى يصير ٢٨َ و ٢٣° فتجيء الشمس حينئذ فى النقطة (هـ) التى تسمى بالانقلاب الصيفى ثم يأخذ الميل المذكور فى التناقص يوما فيوما مدة ثلاثة شهور أخرى حتى ترجع الشمس الى خط الاستواء فيتلاشى الميل ثانيا ويبتدئ الميل الجنوبى فى التزايد مدة ثلاثة شهور حتى يصير ٢٨َ و ٢٣° فتكون الشمس وقتئذ فى النقطة (ص) التى تسمى بالانقلاب الشتوى ثم يتناقص الميل مدة ثلاثة شهور حتى ينعدم بالكلية وتكون الشمس قد رجعت الى النقطة (ب) على خط الاستواء فبناء على ذلك تكون الشمس فى مدة الاثنى عشر شهرا أى فى سنة واحدة قد رسمت دائرة البروج

(المسلك الاول)

فى

(فى بيان الدوائر السويعية)

(٧) من المعلوم أن الشمس تقطع كل دائرة يومية فى مدة أربع وعشرين ساعة فاذا قسمنا كل دائرة منها الى أربعة وعشرين قسما متساوية وفرضنا سطوحا مارة من نقط التقسيم ومن محور العالم يحدث أربعة وعشرون سطحا تسمى بالسطوح السويعية و يصنع بعضها مع بعض زوايا متساوية مقدار كل واحدة منها خمس عشرة درجة بحيث ان الشمس تنتقل من أىّ سطح الى السطح الذى يليه فى مدة ساعة واحدة واذا جعلنا أحد هذه السطوح مبدأ للحساب بحيث ان الشمس تمر منه وقت الزوال فيسمى بالسطح الاصلى وينطبق بسطح خط نصف النهار ومن البديهى انه لو جعلت الساعة صفرا وقت المرور المذكور فعند مايصل مركز الشمس الى السطح الاول تكون الساعة واحدة وعند وصوله الى السطح الثانى يصير عددها اثنين وهكذا الى أن يصل المركز المذكور الى السطح الرابع والعشرين فيكون عددها أربعا وعشرين أى ترجع ثانيا الى الصفر وبناء على ذلك لو قسمت الدوائر اليومية الى ثمانية وأربعين قسما متساوية بدلا من أربعة وعشرين تكون الاقواس التى بين كل سطحين متتاليين متساوية على سبع درجات ونصف درجة وتقطع الشمس كل واحدة منها فى مدة نصف ساعة وكذلك لو قسمت الدوائر المذكورة الى ستة وتسعين قسما تقطع الشمس كل قوس محصور بين سطحين منها فى ربع ساعة وهذا هو أساس انشاء البسيطة

(المسلك الثانى)

(فى بيان مرقم أية نقطة من سطح الارض وبيان سطحها السويعى)

(٨) يعلم من الايضاحات المتقدمة انه لو كان محور العالم جسما مرئيا بحيث يحدث ظلا لامكن عند مرور الشمس من أحد السطوح السويعية رؤية هذا الظل على الفصل المشترك بين السطح المذكور وكل سطح قاطع له ولسائر السطوح السويعية الاخرى وكان ذلك يكفى فى الحصول على البسائط ولكن لما كان محور العالم غير مرئى لزم لانشاء البسائط أن نستعمل طريقة مشابهة لذلك بان نضع شاخصا يسمى مرقما فى النقطة المراد عمل البسيطة فيها بحيث يكون موازيا لمحور العالم بمعنى أن أحد طرفيه يكون متجها الى القطب الشمالى والطرف الآخر الى القطب الجنوبى ولذلك يمكن اعتباره نفس محور العالم ثم نفرض سطحا مارا بهذا المرقم أى بالقطبين السماويين

وعموديا على دائرة الافق فيتحد السطح المذكور بسطح خط نصف نهار المحل المفروض ويقطع سطح البسيطة على خط يسمى نصف نهارها فعلى ذلك لو أخذنا خط نصف النهار مبدأ لحساب الاوقات ثم رسمنا الفصول المشتركة بين سطح البسيطة وبين السطوح السويعية المارة بالمرقم الصانعة بتلاقيها زوايا متساوية على خمس عشرة درجة أو أقل من ذلك كما تقدم فبمرور ظل المرقم على كل خط من هذه الخطوط تعلم الساعات والدقائق ونكون قد أنشأنا البسيطة

(ملحوظات)

(٩) لما تكلمنا على السطوح السويعية فى المسلك الاول بينا أن مركز العالم عند مركز الكرة الارضية ثم لما تكلمنا عليها فى المسلك الثانى بينا أنه عند موقع المرقم على سطح الكرة المذكورة فبين هذين القولين اختلاف فى موضع مركز العالم بقدر نصف قطر الكرة الارضية بحيث لو وجد مركز الشمس فى وقت معلوم على أحد السطوح السويعية المعينة بالطريقة المذكورة فى المسلك الاول فلا يوجد على نظيره من السطوح المعينة بالطريقة المذكورة فى المسلك الثانى الا بعد الوقت المفروض أو قبله وهذا الاختلاف ما بين الاوقات محصور بين حدين حد أصغر وحد أعظم فالحد الاصغر هو صفر وأما الاكبر فهو عبارة عن كسر زمانى قدره ٦٢و٠″ كما سنجرى حسابه فى المبحث الثانى ولبيان حقيقة هذين الحدين نقول ان السطح الاصلى واحد فى المسلكين وهو يتحد بسطح خط نصف النهار بحيث لو فرض أن مركز الشمس على هذا السطح الاخير فيوجد وقتها على سطحين سويعيين من المسلكين المذكورين بدون فرق أى ان الاختلاف المار الذكر يكون معدوما وقتها وهذا هو الحد الاصغر وحيث ان سطوح المسلكين تبتدى بعد السطح الاصلى بان يختلف بعضها عن بعض فتى وصل مركز الشمس الى السطح الاول والثانى والثالث وهكذا من السطوح المذكورة يأخذ الاختلاف فى التزايد الى أن يصل المركز الى السطح السادس من سطوح المسلك الاول الذى يصنع مع سطح نصف النهار زاوية قدرها تسعون درجة فعند ذلك اذا صار امتداد السطح السادس من سطوح المسلك الثانى فعوضا عن أن يتحد الفصل المشترك بينه وبين قبة السماء بفصل السطح الاول يبعد عنه أى عن مركز الشمس بقدر نصف قطر

الكرة الارضية وهذا هو الحد الاعظم الذى تختلف بينه وبين الصفر سائر الاوقات

(فى حساب الاختلاف الاعظم)

(١٠) من حيث ان الاختلاف الاعظم هو قوس مرسوم على قبة السماء مساو لطول نصف قطر الارض فيمكن بسهولة حساب الزمن الذى تقطع فيه الشمس هذا القوس بأن يقال من المعلوم أن نصف قطر الشمس أكبر من نصف قطر الارض ١١٠ مرة تقريبا وان الشمس تقطع على قبة السماء القوس المساوى لقطرها فى ١٦ً ,, ٢َ فتقطع القوس المساوى لنصف قطرها فى ٨ً ,, ١َ أى ٦٨ً ولو قسمنا هذا العدد على العدد ١١٠ فالخارج يدل على الزمن اللازم لقطع القوس المساوى لنصف قطر الارض وهو $\frac{٦٨}{١١٠}$ = ٠،٦٢ من الثانية فيرى من ذلك أن الفرق الاعظم بين الوقتين المعينين ببسيطتين احداهما منشأة من مركز الارض والاخرى من سطحها هو ٦٢ جزأ من المائة من الثانية الواحدة وهو فرق لايكاد يستشعر به حتى بالنسبة للساعات المستعملة الآن فلا يحدث منه اذن خطأ محسوس فى استعمال البسيطة وبناء عليه يمكن اعتبار ماقلناه فى المادة (٨) بالنسبة لعمل البسائط عاريا عن كل محذور

(فى كيفية عمل البسائط)

(١١) يلزم أولا تعيين اتجاه محور العالم على السطح المراد عمل البسيطة عليه بحيث يحدث على السطح المذكور ظلا فى كل آن ثم نرسم خط نصف نهار البسيطة والخطوط التى يمر بها فى كل ساعة أونصف ساعة ظل المرقم المنوه عنه وهذه الخطوط هى كما تقدم عبارة عن الفصول المشتركة بين السطوح السويعية المارة بالمرقم وبين سطح البسيطة ورسمها يتوقف على معرفة الهندسة الوصفية اذ بواسطة نظريات هذا الفن يمكن تعيين جميع الفصول المشتركة المذكورة الا أنه من المعلوم ان كيفية تطبيق تلك النظريات تختلف من حالة الى أخرى فلاجل الحصول على المطلوب نذكر هنا بعض قواعد متفرقة يسهل العمل بواسطتها

(فيما يحتاج اليه لرسم البسائط على أسطح مستوية أو منحنية)

(١٢) اذا أريد رسم بسيطة على سطح من أى نوع كان فلوضع المرقم بالكيفية المار ذكرها يلزم أولا رسم اتجاه خط نصف النهار على ذلك السطح وثانيا وضع المرقم بحيث يكون موازيا بالضبط لمحور العالم ولاجل ذلك ينبغى معرفة عرض البلد أما نصف النهار فيوجد على السطح الافقى ويمر بموقع المرقم بحيث يكون اتجاهه على نقطتى الشمال

والجنوب وقد يوجد على السطح الرأسى ويمر بموقع المرقم أيضا بحيث يكون عموديا على السطح الافقى ولبيان ذلك نفرض الكرة الارضية فى (م) (شكل ٢) و (ن ع نَ عَ) خط تقاطع نصف نهار المحل بقبة السماء فحيث ان مرقم كل بسيطة مصنوعة على السطح الافقى فى النقطة (م) يتجه على استقامة القطبين (ن نَ) فاذا رسمنا المستقيم (ن نَ) يكون هو مرقم البسيطة و بفرض (ل لَ) الافق فى النقطة (م) فالفصل المشترك بينه وبين سطح نصف النهار (ن ل نَ عَ) وهو (شـ ح) يكون نصف نهار البسيطة المذكورة وحيث ان الزاوية (ن م شـ) هى مساوية لعرض البلد فن البديهى ان الزاوية التى بين مرقم البسيطة ونصف نهارها تساوى العرض المذكور أيضا

وأما اذا أريد انشاء البسيطة على السطح الرأسى (م ى) فخط تقاطع هذا السطح بسطح نصف النهار (ن ع نَ عَ) يمر ضرورة من مركز الارض فيكون الخط (هـ م) خطا رأسيا و بناء عليه يكون هو نصف نهار البسيطة و يكون مرقمها هو الخط (هـ ب) المرسوم موازيا لمحور العالم وتكون الزاوية (م هـ ب) الواقعة بين المرقم المذكور و بين خط نصف نهار البسيطة مساوية لعرض البلد فيرى مما تقدم ان الامر يؤدى الى تعيين اتجاه نصف النهار وعرض البلد وسنتكلم عن كل منهما فيما يأتى

(ملحـــــوظات)

(١٣) لما كان نصف نهار البسيطة الافقية المارة ذكرها هو الاثر الافقى لسطح نصف النهار على سطح البسيطة لم يمكن أن يتغير أصلا بخلاف نصف نهار البسيطة الرأسية فانه يتبع سطحها كيفما كان وسطحها مع ابقائه عموديا على سطح نصف نهار المحل يمكن ان يأخذ جملة أوضاع مختلفة وعلى هذا فتعريف نصف نهار البسيطة الرأسية الذى تقدم غير كاف ولذلك سنذكر فيما بعد تعريفا عموميا للبسيطة الرأسية وأما معرفة عرض البلد المراد عمل البسيطة فيه فيعلم اما من كتب الجغرافيا واما من التقويمات واما من الخرط الجغرافية والاصح أخذه من الارصاد الفلكية ومع ذلك اذا عملت البسيطة لعرض من العروض وحصل فى تعيين ذلك العرض خطأ ولو بقدر عشره فلا يؤثر هذا الخطأ تأثيرا محسوسا بحيث لو عينا بالتخمين عرضا هو فى الواقع

زائد أو ناقص عن العرض الحقيقى بهذا القدر أو أقل يجوز انشاء البسيطة ولا ضرر فى ذلك

وحيث ان أكثر الكتب والتقويمات ليس مذكورا بها الا عروض عواصم الولايات دون القرى والقصبات المجاورة لها فبناء على ماتقدم يمكننا معرفة عروض القرى والقصبات المذكورة بوجه التقريب واذا تعسر ذلك بسبب ما فعليك بطريقة استخراج العروض من الظلال التى سنذكرها فيما بعد وهى طريقة عامة يمكن استعمالها فى كل البسائط

(فى رسم نصف نهار البسيطة الافقية)

(١٤) قد علم من المواد التى تقدمت الى الآن انه يلزم ابتداء معرفة رسم نصف نهار البسيطة ولكن لتوقفه على بعض أصول علمية وعملية رأينا ان نذكرها هنا أولا فنقول بعد أن يوضع سطح البسيطة موازيا لسطح الافق نرسم الظلال بوضع شاخص عمودى على السطح المذكور لان السطح السويعى الذى يمر بهذا الشاخص وبالقطبين السماويين هو عمودى على الافق فهو نصف نهار ذلك المحل وحيث ان الفصل المشترك بينه وبين سطح البسيطة أى أثره الافقى يمر بقاعدة الشاخص فيمكن مع ملاحظة بعض ماتقدم رسمه بغاية السهولة كما سيأتى

لنفرض (ن نَ) القطبين (شكل ٣) و (ص صَ) دائرة البروج و (ل ب) سطح البسيطة أى السطح الافقى و (ع نَ صَ) نصف نهار المحل و (عَ صَ) الدائرة اليومية التى ترسمها الشمس فى يوم معين وليكن (م هـ) المسقط الرأسى للشاخص المفروض و (هـَ) مسقطه الافقى فحيث ان رأس الشاخص (م) موجود على احدى نقط المرقم (م ب) فبمقتضى ماذكر فى المسلك الثانى المتقدم ذكره يمكن فرض هذه النقطة مركز العالم فاذا وصلنا بالمستقيم (ع ع) النقطة (ع) التى على الدائرة اليومية (ع صَ) بالنقطة (م) ومددناه الى جهتيه ثم فرضنا النقطة (م) ثابتة وحركنا خط (ع ع) دورة واحدة على محيط الدائرة (ع صَ) فيحدث مخروطان متحدا الرأس أحدهما (م صَ ع) وهو متكون من الاشعة الخارجة فى اليوم المفروض المنتهية الى رأس الشاخص والآخر (م ع ص) وهو مخروط متكون من ظلال رأس الشاخص الناتجة من الاشعة المذكورة الساقطة على النقطة (م) فى مدة الاربع والعشرين ساعة التى ترسم فيها الشمس الدائرة اليومية المفروضة ثم

يحدث من تقاطع المخروط الظلى هذا بسطح البسيطة الافقى (ل ب) قطاع مخروطى مبين بالنقط ٣ ٢ ١ و ١َ ٢َ ٣َ وبما ان هذا المنحنى مركب من نقط ظلال رأس الشاخص الساقطة فى كل آن على سطح البسيطة فيسمى بالمنحنى المظلم ولرسمه يكفى تعيين جملة نقط من ظل رأس الشاخص قبل الزوال وبعده ثم تضم جميع هذه النقط بخط يكون المنحنى المطلوب

ومن المعلوم فى علم الهيئة ان سطح نصف النهار يقسم كلا من الدوائر اليومية الى قسمين متناظرين متساويين فاذا فرضنا نقطتين على احدى هذه الدائرة بحيث تكونان متناظرتين بالنسبة لسطح نصف النهار فيكون ارتفاعهما عن الافق واحدا ويكون ظلا الشاخص الناشئان عنهما متساويين فالنقطتان المذكورتان موجودتان اذن على محيط دائرة واحدة مرسومة من المركز (هَ) وبناء عليه اذا رسمنا من المركز المذكور الدوائر (هَ ١) و (هَ ٢) و (هَ ٣) المسماة بالدوائر المساعدة فنقط تقاطعها بالمنحنى المظلم وهى ٣ و ٢ و ١ و ١َ و ٢َ و ٣َ تكون متناظرة الوضع بالنسبة الى نصف النهار فاذا وصلنا جميع هذه النقط بالنقطة (هَ) ونصفنا جميع الزوايا الحادثة أى اذا وصلنا النقط المتناظرة ٣ و ٣َ ٢ و ٢َ ١ و ١َ باوتار وأخرجنا عليها من النقطة (هَ) العمود (هَ ﻫ) فتكون النقط المذكورة متناظرة الوضع بالنسبة لهذا العمود أيضا ويكون هو اذن نصف نهار البسيطة المطلوب

(ملحـــــوظات)

(١٥) ان ايجاد نصف النهار (هَ ﻫ) بالكيفية المار ذكرها مبنى على فرض استدارة محرك الشمس اليومى مع اننا علمنا ان المحرك المذكور ليس بمستدير بل هو على شكل حلزونى بريمى يقرب من الدائرة فربما يتوهم من ذلك لزوم تعديل نصف النهار (هَ ﻫ) المذكور ولكن اذا لاحظنا ان اختلاف ميل الشمس الحاصل فى مدة يوم وجودها على أحد الانقلابين قلما يشعر به فلو صار تعيين نصف النهار المذكور عند ما تكون الشمس فى الانقلابين يمكن اعتباره صحيحا عاريا عن الخطا وكذلك أعظم الاختلاف المذكور على خط الاستواء لايزيد عن ٢٤ً و ٢٣َ فى الاربع وعشرين ساعة أى نهايته فى الساعة دقيقة واحدة فقط فبناء عليه اذا صار تعيين نصف النهار

قبل الزوال وبعده بنصف ساعة فينحرف عن موضعه الحقيقى بنصف دقيقة بحيث لايستحق التصحيح لاسيما ان هذا الفرق ينقص كثيرا فى سائر الايام فيتضح من ذلك انه يمكن استعمال الكيفية المتقدمة فى أى يوم من السنة بدون استثناء لايجاد نصف النهار المذكور

(فى تصحيح انكسار الضوء)

(١٦) اذا صار تعيين الظلال فى الاوقات القريبة جدا من نقط طلوع الشمس وغروبها فحيث ان انكسار الضوء فى تلك الاوقات يكون فى نهاية شدته فربما يظن أن ذلك يغير القطوع المخروطية السابق ذكرها ولكن من حيث ان تلك النقط متناظرة بمعنى انه اذا علت احداها تعلو الاخرى بقدرها فيظهر جليا ان العمود القائم على وسط وترها لايتغير أبدا وحيث ان الظل الناشئ عن ضوء الشمس فى النقط المذكورة هو طويل جدا فظل رأس الشاخص يكون طويلا أيضا ويخرج حينئذ عن سطح البسيطة بحيث لايتيسر تعينه فى وقت الشروق والغروب المذكور

(فى تعيين نصف النهار بواسطة الدوائر المساعدة)

(١٧) ينتج من جميع ماسبق أننا لوفرضنا شاخصا فى نقطة (ن) (شكل ٤) وجعلنا هذه النقطة مركزا ورسمنا منها دوائر مساعدة بابعاد اختيارية (ب ن و ح ن و ء ن) ثم جئنا قبل الزوال ورصدنا ظل رأس الشاخص وعينا على تلك الدوائر النقط (ب ح ء) التى يقع فيها الظل المذكور ثم النقط (بَ حَ ءَ) التى يجيء عليها هذا الظل بعد الزوال ثم وصلنا بوتر كل نقطتين واقعتين على دائرة واحدة وأنزلنا من نقطة (ن) العمود (ن ك) على جميع هذه الاوتار فيكون هو نصف النهار المطلوب لكن ربما ينشأ عن هذه العملية بعض خطأ فى موقع نصف النهار ويظهر ذلك اذا لم يكن عموديا بالتمام على هذه الاوتار فلزيادة الضبط والحالة هذه يلزم تعديله بالنسبة لكل وتر ليقل الخطأ على حسب الامكان

فيظهر مما سبق انه يمكن رسم نصف النهار بدون أن يحتاج الانسان الى تعيين نقط من نقط المنحنى الظلى لكن ينبغى التدقيق فى انتخاب انصاف أقطار الدوائر المساعدة بحيث تقطع المنحنى المذكور فان فى ذلك تسهيلا عظيما للعمل

(فى رسم نصف النهار بواسطة ثلاث ظلال مختلفة الطول)

(١٨) يمكن أيضا رسم نصف النهار بتعيين ثلاثة ظلال غير متساوية لكن يشترط فى

ذلك أن يكون هذا التعيين فى أوقات مختلفة بعيدة بعضها عن بعض بأن يكون أولها فى الصباح وثانيها بالقرب من الزوال وثالثها بالقرب من الغروب
لنفرض الشاخص (م هـ) فى النقطة (هـ) كما فى شكل (٣) فيكون مرقم النقطة (م) محور العالم (ن ب) الذى هو محور مشترك للمخروطين (م ص ع) و(م ع صَ) أيضا فاذا رسمنا على هذا المحور سطحا عموديا (ص ع) من نقطة (ص) التى على سطح المخروط (م ص ع) المتولد من ظلال رأس الشاخص (م) فيقطع هذا السطح العمودى سطح المخروط على دائرة (ص ع) الموازية لدائرة الشمس اليومية (ع صَ) والمساوية لها فهى اذن من ضمن الدوائر اليومية ومن حيث ان هذه الدوائر كلها عمودية على الاسطح السويعية وأن نصف النهار هو عبارة عن أحد تلك السطوح فالدائرة (ص ع) عمودية على نصف النهار المذكور ومن حيث ان سطح نصف النهار عمودى على الافق أيضا فهو اذن عمودى على سطحين متقاطعين وهما سطح الدائرة (ص ع) وسطح الافق ومن المعلوم فى الاصول الهندسية انه اذا كان سطح عموديا على سطحين متقاطعين فهو عمودى على خط تقاطعهما فبناء على ذلك اذا صار تعيين الاثر الافقى للسطح (ص ع) يمكن تعيين الاثر الافقى لسطح نصف النهار باخراج عمود من موقع الشاخص على أثر السطح (ص ع) المذكور ويكون هذا العمود هو نصف نهار البسيطة المطلوب ويعلم من هذا انه اذا صار تعيين أطوال ثلاثة ظلال غير متساوية فى يوم ما وفصل من الظلين الاعظمين جزء مساو للظل الاصغر فيحدث ثلاثة مولدات متساوية للمخروط بحيث لو صار مرور سطح من أطراف هذه المولدات فينقطع المخروط (م ص ع) على دائرة مارة بالخط (ص ع) وعمودية على المرقم (ن ب) وبناء على ذلك اذا أنزلنا من موقع الشاخص عمودا على أثر هذه الدائرة الافقى فيكون هذا العمود هو نصف نهار البسيطة المطلوب

(فى كيفية اجراء العمل)

(١٩) بعد جعل سطح البسيطة موازيا للافق نضع شاخصا عموديا فى النقطة (بَ) (شكل ٥) وليكن مسقطه الرأسى (ب ح) ثم نرسم الظلال (بَ د و بَ هـ و بَ ل) لهذا الشاخص على السطح المذكور ونفرض للمساقط محورا أى خط الارض يكون موازيا للظل (بَ هـ) ثم نصل نقطة (ح) بالنقط (دَ و هـَ و لَ) التى هى المساقط الرأسية للنقط (د و هـ و ل) فيحدث ثلاثة خطوط (ح دَ و ح هـَ و ح لَ) هى

عبارة

عبارة عن ثلاثة مولدات للمخروط المظلم الذى تكلمنا عليه وحيث ان محور المساقط موازٍ للظل (بَ هـ) فالمسقط (حَ هـَ) الراسى للخط الواصل بين نقطة (هـ) وبين رأس الشاخص يكون مساويا لنفس هذا الخط فلفصل بعدين مساويين لهذا الخط من الظلين الساقطين افقيا على (بَ ء) و (بَ ل) كما قلنا نبحث عن طول هذين الظلين بان نأخذ على محور المساقط خط (بءً = بَ ءَ) وخط (ب لً = بَ ل) ثم نصل (ح ءً و ح لً) فهذان الخطان يكونان مساويين للظلين المذكورين فنفصل على الاول بعد (ح مً = ح هـَ) وعلى الثانى بعد (ح عً = ح هـَ) ثم نرسم من نقطتى (مً وعً) خطين موازيين للمحور فيقطعان (ح ءَ) و (ح لَ) فى (مَ) و (عَ) وتكون هاتان النقطتان مسقطى النقطتين (مً) و (عً) الراسيين ويكون مسقطاهما الافقيان (م) و (ع) وبذلك نكون قد عينا المساقط الافقية (م هـ ع) والراسية (مَ هـَ عَ) للنقط الثلاثة التى نريد أن نرسم منها السطح العمودى على محور المخروط فبرسم الاثر الافقى لهذا السطح وانزال عمود عليه من (بَ) يحدث نصف نهار البسيطة ولرسم الاثر المذكور نعين ابتداء الاثر الافقى (ن) للخط (عَ مَ و ع م) والاثر الافقى (هـ) المشترك بين الخطين (عَ هـَ و ع هـ) و (مَ هـَ و م هـ) ثم نصل (هـ ن) فيكون هو أثر السطح المطلوب وبتنزيل العمود (بَ ع) عليه نجد نصف النهار

(فى اجراء العمل المذكور بالتدوير)

(٢٠) ان الطريقتين المذكورتين آنفا وان عدتا عند أرباب هذا الفن من الطرق السهلة الا أنه يوجد طريقة أخرى أسهل منهما وذلك بأن يقال حيث ان الشاخص الموجود فى (بَ) عمودى على الخطوط (بَ ء) (بَ هـ) (بَ ل) فاذا اعتبرنا ظلال رأسه المارة بالنقط (ء هـ ل) فيكون هنالك ثلاثة مثلثات قوائم الزوايا فيها ضلع مشترك وهو الشاخص المفروض وأوتارها الخطوط الشعاعية المارة برأس هذا الشاخص والنقط (ء هـ ل) فبناء عليه اذا دورنا كلا من هذه المثلثات حول قاعدته حتى ينطبق بالسطح الافقى فيحدث ثلاثة مثلثات (هـ بَ حَ و ل بَ حَ و ء بَ حَ) واذا فصلنا من الوترين الاعظمين بعدين مساويين للوتر الاصغر اى اذا أخذنا (حَ ق = حَ ر = هـ حَ) ثم رفعنا المثلثات الى مواضعها الاصلية فتدور النقطة (ق) مع العمود (ق ع) وتسقط فى النقطة (ع) ثم تسقط النقطة (ر) على النقطة (م) واذا وصلنا (ع م) ورسمنا على هذا الخط العمود (ع قَ) = (ع ق) ثم العمود (م ر) =

(م ب) ووصلنا (ن َ ب َ) بخط مستقيم فيقطع الخط (ع م) فى نقطة (ن) وتكون هى الاثر الافقى للخط (ع م) ولو وصلنا بينها وبين النقطة (هـ) بالمستقيم (ن هـ) نجد الاثر الافقى للسطح القاطع للمخروط فاذا أنزلنا على هذا الاثر العمود (ب َ ع) يحدث نصف النهار المطلوب

(فيما يمنع صحة العمل وكيفية ازالته)

(٢١) لاجل صحة العمل عند تطبيق الطريقتين المتقدم ذكرهما يلزم مراعاة بعض أصول نذكرها هنا وهى (أولا) لجعل سطح البسيطة موازيا للافق يلزم استعمال الآلة المسماة فى علم الطبوغرافية بروح التسوية فبوضع هذه الآلة على استقامتين متعامدتين يعلم أحصل التوازى المطلوب أم لا ويمكن أيضا استعمال حبل البناء فى هذا الغرض وكذلك كرة بلياردو منتظمة التكوير (وثانيا) لوضع الشاخص على سطح البسيطة يلزم اتخاذ جسم من خشب أو معدن حيث انه لا يتيسر استعمال خط هندسى لهذا الغرض ويكون على شكل هرم أو مخروط متقن الصناعة بحيث ان مسقط رأسه ينطبق بمركز قاعدته فبهذه الواسطة يسهل تعيين المسقط المذكور على السطح الافقى .

لنفرض هرما مربعا من هذا القبيل (م ء هـ ب ن) شكل (٦) موضوعا على سطح البسيطة فلتعيين ظله وبالخصوص ظل رأسه (ن) نقول لو كانت الشمس نقطة هندسية أى عارية عن الامتداد ورسمنا منها سطحين يمران بحرفى الهرم (ن هـ) و (ن م) لحدث لهذين السطحين أثران أفقيان (هـ ح) و (م ح) متقاطعان فى نقطة (ح) تكون هى ظل رأس الهرم المذكور ولكن الشمس ليست بنقطة هندسية بل ترى من سطح الارض على شكل كرة بقطر قدره (٤ً ٣ رر ٣َ ٣) فاذا رسمنا من كل من الحرفين المار ذكرهما سطحين مماسين لسطح الشمس يحدث لهذه الاسطح أربعة أثرات أفقية (حً هـ و حَ هـ و حً م و حَ م) بحيث تكون الزاويتان (حَ هـ حً) و (حَ م حً) متساويتين وقيمة كل منهما ٤ً ٣ رر ٣َ ٣ فاذا رسمنا منصفى هاتين الزاويتين يتقاطعان فى نقطة (ح) تكون هى ظل رأس الشاخص بالنظر لمركز الشمس وهذه النقطة لو أمكن تعيينها لحصلنا على المقصود ولكن ذلك عسر بسبب وجودها على ما يسمى شبه الظل ولتوضيح ذلك نلاحظ أن جميع النقط التى فى القسم (هـ حَ م) لا ترى الشمس مطلقا ولذلك سمى هذا القسم بالظل المطلق وأما النقط التى فى القسم (هـ حَ م حً) فلا ترى من الشمس الا جزأ فقط فالنقط التى بالقرب من الظل المطلق

ترى أقل من نصف القرص والتى على الخطين (هـ ح) و (م ح) ترى نصفه بالتمام وأما النقط التى فى القسم (هـ ح م حً) فترى أكثر من نصف القرص والتى على الخطين (هـ حً) و (م حً) أوخارجة عنهما ترى الشمس كلها فالقسم (هـ ح م حً) الذى لايرى الا جزأ من الشمس يسمى شبه الظل فلسبب وجود النقطة (ح) فى هذا القسم تكون عسرة التعيين ولتسهيل ذلك توضع كرة بقدر معلوم على رأس الشاخص بحيث يكون مركزها على اتجاه محور الهرم فيكون ظله على سطح البسيطة قطعا ناقصا يمكن تعيين مركزه بسهولة فيمكن اعتباره ظل رأس الهرم بدون أن ينشأ عنه خطأ محسوس وهذه الكرة لابد أن يعين قدرها كما سيرد عليك فى المبحث الاتى لانها اذا كانت كبيرة جدا فيكون ظلها كبيرا أيضا ويختلف موضع مركز القطع الناقص عن موضع ظل رأس الهرم بكمية جسيمة واذا كانت صغيرة جدا فقلما يستشعر بظلها ويصعب تعيين مركزه فانا لو فرضنا خطوطا مماسة لسطح الشمس ولسطح الكرة المذكورة على النقط المتناظرة عليهما ومددنا هذه الخطوط على استقامتها فنظرا لعظم الشمس وصغر الكرة تقرب هذه الخطوط بعضها من بعض وتتلاقى فى نقطة (هـ) شكل (٧) وتكون هذه النقطة رأس مخروط محتو على كل من الشمس والكرة المذكورة والجزء الذى بين رأس المخروط (هـ) والقاعدة (ب ح) يكون ظل الكرة المطلق ثم اذا فرضنا خطوطا أخرى مماسة لسطح الشمس والكرة متلاقية ما بين هذين الجسمين فيحدث مخروطان متحدا الرأس واذا مددنا هذه الخطوط على استقامتها من جهة الكرة فبدلا من أن تقرب من بعضها تتباعد وتلاقى سطح البسيطة وتحدث عليه قطعتين (هـ ح ل) و (هـ ب ن) وهما عبارة عن شبه ظل الكرة وأما ظلها المطلق فلما كان مساويا لارتفاع المخروط (م هـ) وهو صغير جدا بسبب صغر الكرة فلا يصل الى البسيطة وانما يحدث عليها خيالا خفيفا لايساعد على تعيين النقطة المطلوبة

(فى مقدار الكرة المذكورة بالنسبة لارتفاع الشاخص)

(٢٢) يفهم مما ذكر أن امكان رؤية ظل الكرة على شكل قطع ناقص يتوقف على امكان قطع مخروط الظل المطلق بسطح البسيطة وحيث ان هذا الشرط يتعلق بارتفاع الشاخص يلزم أولا تعيين طول الخط (هـ م) بالنسبة لنصف قطر الكرة المذكورة ثم تعيين نصف القطر هذا بالنسبة الى ارتفاع الشاخص ولاجل ذلك اذا اعتبرنا المثلث قائم الزاوية (م ح هـ) شكل (٧) نجد فيه أن

$$\frac{ح م}{م هـ} = \text{مماس}\ (ح\ هـ\ م)$$

وبفرض نصف القطر مساويا للواحد وملاحظة أن الزاوية (م هـ ح) هى نصف الزاوية التى ترى فيها الشمس من سطح الارض فتساوى اذن ٢َ ٣ًَ ,, ٦َ ١ تؤل المعادلة المذكورة الى

$$\frac{١}{م هـ} = \text{مماس}\ (٢ً ٣ً ,, ٦َ ١)$$

ومنها

$$م هـ = ٢٢٢ \times (\text{نصف قطر الكرة})$$

وحيث انه يلزم أن سطح البسيطة يقطع المخروط الظلى على خط مثل (ع س) فيلزم وقت الرصد أن يكون البعد بين الكرة وظلها على البسيطة أقل من ١٠٦ × (قطر الكرة) وبناء عليه لايمكن عمل الرصد المذكور عند الشروق والغروب بل يلزم عمله قبل الزوال أو بعده بثلاث ساعات أو بثلاث ساعات ونصف ساعة وقد شوهد فى الاوقات المذكورة عند ابتداء الصيف أن البعد المذكور ضعف ارتفاع الشاخص تقريبا وعند ابتداء الشتاء مساو لخمسة أمثاله فاذا رمزنا بالحرف (س) لارتفاع الهرم وبالحرف (ى) لقطر الكرة تنتج هاتان المعادلتان

$$١٠٦\ ى = ٢\ س$$
$$١٠٦\ ى = ٥\ س$$

ومنهما

$$ى = \frac{٢ س}{١٠٦} = \frac{س}{٥٣} \quad \text{لفصل الصيف}$$
$$\text{و}\quad ى = \frac{٥ س}{١٠٦} = \frac{س}{٢١} \quad \text{لفصل الشتاء}$$

وبفرض (س) مساويا لمتر واحد يكون

$$ى = ٠,٠١٨\ م \quad \text{فى الحالة الاولى}$$
$$\text{و}\quad ى = ٠,٠٤٦\ م \quad \text{فى الحالة الثانية}$$

ويظهر من ذلك أنه اذا فرضنا ارتفاع الهرم مترا واحدا فلامكان قطع ظل الكرة المطلق بسطح البسيطة يلزم أخذ كرة يكون قطرها أكبر قليلا من قيمتى (ى) على حسب فصل الصيف أو الشتاء

(فى اتخاذ المنشور شاخصا)

(٢٣) ان جميع الطرق التى بيناها فيما تقدم مبنية على تيسر كرة وهرم أو مخروط بغاية الضبط واتقان الصنعة ولا يخفى انه لايتأتى فى كل الاحيان الحصول على صانع

ماهر

ماهر يقوم بالمطلوب ويفى بالمرغوب فلعدم تعطيل العمل أو تأجيله يمكن الاكتفاء عما ذكر باتخاذ منشور قائم الزوايا أى تكون حروفه عمودية على قاعدتيه وبوضعه على سطح البسيطة بفرض أحد حروفه شاخصا وليكن (ب م) شكل (٨) فان موقع رأسه (بَ) على البسيطة يعلم بغاية السهولة وكذلك ظلها (مَ) لانه ينشأ عن تقاطع الخطين (حَ مَ) و (مَ دَ) الناتجين من تلاقى سطح البسيطة والسطحين الشعاعيين المارين بحرفى المنشور (ح م) و (م د) فلا صعوبة فى تعيين هذه النقطة نعم ان الخطين (حَ مَ) و (مَ دَ) مختلطان على البسيطة بشبه الظل الا انه يمكن تمييزهما بسهولة فى الاشكال التى من هذا النوع فبعد تعيين النقطة المذكورة (مَ) يصير توصيلها بالنقطة (بَ) فيوجد ظل الشاخص المذكور

(٢٤) ويمكن أيضا الاكتفاء باستعمال لوحة من معدن (هـ ل) شكل (٩) مثقوبة الوسط توضع أفقيا على سطح البسيطة بواسطة ثلاث أرجل (ب ح د) ويلزم ان محيط الثقب يكون دقيقا جدا ولاجل ذلك يلزم ان اللوحة يكون سمكها متناقصا بالتدريج من محيطها الى مركزها

فتى وضعت هذه اللوحة أفقيا وفرض العمود (مَ حَ) النازل من مركز ثقبها على سطح البسيطة فيمكن اعتبار هذا العمود شاخصا ومركز الثقب رأسه والنقطة (حَ) موقعه واذ صار تعيين مركز الضوء الساقط من هذا الثقب على البسيطة فى أىّ وقت كان يكون فى مقام ظل رأس الشاخص وعلى ذلك يمكن باحدى الطرق المذكورة آنفا تعيين خط نصف النهار

(ملحوظات)

(٢٥) ان الاشعة المارة بالثقب المذكور تحدث على سطح البسيطة ضوأ مطلقا وشبه ظل كما ان الكرة المتقدم ذكرها تحدث ظلا مطلقا وشبه ظل لانا اذا فرضنا خطوطا مارة بمحيطى دائرة الشمس ودائرة الثقب يحدث مخروط شعاعى (ۏ مَ) بحيث لو فرضت رأسه (ۏ) تحت البسيطة يكون الفصل المشترك بينها وبينه هو الشعاع المطلق

وأما شبه الظل فهو مايتكوّن حول الشعاع المطلق من تلاقى البسيطة باحد المخروطين المتحدى الرأس فيما بين الشمس والثقب ولكن لايؤثر وجود شبه الظل

هذا فى تعيين المركز المطلوب كما يؤثر ذلك فى تعيين مركز ظل الكرة المطلق كما تقدم ووجود رأس المخروط الشعاعى تحت البسيطة يتعلق بمقدار قطر الثقب وارتفاع مركزه على سطحها أما القطر المذكور فيستخرج بنفس الطريقة التى ذكرناها بخصوص الكرة وهو يساوى قطرها فليراجع لعدم تكرار الكلام ولكن من حيث ان وجود شبه الظل وحده أسهل لتعيين النقطة المطلوبة كما رأى بعضهم من وجوده مع الشعاع المطلق فالاوفق ان يؤخذ ذلك القطر أصغر كثيرا من القطر الذى يستخرج بطريق الحساب

(فى تعيين نصف النهار بواسطة النجم القطبى)

(٢٦) ان النجم القطبى لما كان قريبا جدا من القطب كما هو معلوم عند أرباب الفن فيمكن بواسطته تعيين نصف النهار وذلك بان يؤخذ شاقولان يوضع أحدهما على النقطة التى يراد رسم نصف النهار منها ويوضع الآخر ما بينه وبين النجم المذكور ويحرك هذا الاخير الى أن يوجد فى السطح المستوى المار بالنجم والشاقول الاول ثم يوصل بين موقعى الشاقولين بخط مستقيم يكون هو الاثر الافقى للسطح السويهى الرأسى المار بسمت الرأس و بالقطب فهو اذن نصف النهار

(ملحوظات)

ان الطريقة المار ذكرها تستلزم وجود النجم المفروض فى موضع القطب بالتمام مع انه متباعد عنه الآن بمقدار درجة واحدة و ٢٤ دقيقة ولكن حيث ان النجم المذكور يرسم دائرة كل يوم حول القطب بنصف قطر مساو لهذا المقدار فاذا جرت العملية المتقدم ذكرها فى وقت مروره من سطح نصف النهار أى عند توسطه الأعلى أو توسطه الاسفل تكون النتيجة مضبوطة وأما اذا جرت عند وجوده على مسافة ٩٠ درجة من التوسطين المذكورين فنصف النهار الناتج من هذه العملية يختلف من نصف النهار الحقيقى بكمية يمكن تعيينها بحساب المثلثات فلو فرضنا عرض المحل ٤١ درجة و ١٦ ثانية مثلا نجد ان الخلاف المذكور هو عبارة عن زاوية مقدارها ٤٦ دقيقة فبتحويل هذه الدقائق القوسية الى دقائق زمانية يحدث $\frac{٤٦}{١٥}$ = ٣ دقائق بالتقريب فلمنع وقوع هذا الخطاء يلزم اجراء العملية وقت أحد التوسطين المذكورين

(فى كيفية تعيين وقت مرور النجم القطبى من سطح نصف النهار)

(٢٧) يؤخذ من التقويم مطالع الشمس والنجم المذكور بالنسبة للزوال الوسطى

للبوم

لليوم المراد اجراء العمل فيه ويطرح أحدهما من الآخر فتى وجدت الشمس على بعد من سطح نصف النهار بقدر الفاضل يعنى متى دلت الساعة الزوالية على هذا الفاضل يكون النجم وقتئذ فى السطح المذكور ولكن حيث ان الفاضل المذكور هو عبارة عن ساعات نجمية فلزيادة الصحة فى العمل يلزم تحويله الى ساعات شمسية وسطية وذلك بان يطرح من كل ساعة نجمية عشر ثوان واذا أريد الاختصار فى العمل وعدم التعرض للحسابات المذكورة يمكن تعيين الوقت المطلوب باستعمال الشاقولين المار ذكرهما بحيث انهما يستران فى آن واحد كلا من نجم الدب الاكبر المرموز له بالحرف اليونانى (ابسيلون) (شكل ١٠) ونجم ذات الكرسى المرموز له بحرف (غما) ونجم القطب فذلك الآن يكون وقت التوسط الأعلى أو الاسفل لهذا النجم نعم ان الكواكب الثلاثة ليست على استقامة واحدة بالضبط بل الخط الواصل من ابسيلون لغما ينحرف عن تلك الاستقامة بزاوية قدرها ثمان دقائق الا ان هذا الفرق لايحدث على البسيطة خطأ أعظم من $\frac{٦٠\times٨}{١٥}$ = ٣٢ ثانية زمانية وهو خطأ قلما يستشعر به بالنسبة للساعة الاعتيادية المستعملة وحينئذ يمكن اعتبار هذه العملية عارية عن الخطا

(فى كيفية تعيين نصف النهار بالبوصلة)

(٢٨) ويمكن أيضا رسم نصف النهار بواسطة البوصلة ولكن العمل بذلك يستلزم معرفة انحرافها ابتداء ولاجل ذلك ينبغى أن يكون مقدار نصف قطر دائرتها المنقسمة الى درجات كافيا حتى يمكن أن يعين عليها ارباع الدرجات بالاقل

ولا تستعمل البوصلة فى جميع الاحوال وذلك لان البسائط نوعان ثابتة وغير ثابتة أما الثابتة فهى التى تصنع لمحل معين وتثبت فيه ويحسن فى هذه الحالة ان تكون كبيرة المقدار وأما غير الثابتة فهى التى لاتعمل لمكان معين بل تنقل من جهة الى اخرى ولسهولة ذلك ينبغى ان تكون صغيرة المقدار ففى النوع الاول لاتستعمل البوصلة لان تعيين نصف النهار بهذه الطريقة يكون برسم خط مستقيم بواسطة حرف البوصلة وحيث ان هذا الحرف صغير عادة فيلزم تمديد الخط المذكور ولايخفى ماقد ينشأ عن ذلك من الخطا وفى النوع الثانى يمكن استعمالها لان طول حرفها يكون كافيا لرسم نصف النهار ولاجل ذلك يوضع أولا سطح البسيطة افقيا ثم توضع عليه البوصلة بحيث ان حرفها الموازى لخطها المعتمد أى للخط المبين للشمال والجنوب يكون منطبقا على

خط زوال البسيطة ثم يحرك سطح البسيطة الى أن ترسم ابرة البوصلة انحرافها بالتمام فخط زوال البسيطة يكون وقتها على استقامة خط نصف النهار المطلوب

(فى تعيين العرض الجغرافى بواسطة الظل)

(٢٩) بعد رسم نصف النهار على سطح البسيطة يمكن تعيين عرض المحل بواسطة الظل بدرجة كافية من الضبط وكيفية ذلك ان يقال ليكن (ضـ ـں) شكل (١١) خط نصف النهار المرسوم باحدى الطرق المتقدم ذكرها و (هـ م) المسقط الرأسى للشاخص فاذا فرضنا ان الخط (م ى) المار برأس الشاخص المذكور هو محور العالم فيصنع مع الافق زاوية (م ں هـ) تكون مساوية لعرض المحل المطلوب ولنرسم من المركز (م) دائرة ما ونرسم (ع عَ) عموديا على محور العالم (م ں) فيكون هو خط الاستواء ثم لنرسم (حَ ں) بحيث يصنع زاوية مقدارها ٢٨ً ٢٣° مع الخط (ع عَ) فالخط (حَ ں) المذكور يكون هو دائرة البروج واذا رسمنا من نقطتى (حَ و ں) الخطين (ں ںَ و ح حَ) موازيين للخط (ع عَ) فهذان الخطان يكونان هما الدائرتين اليوميتين للانقلابين أى المدارين ويرى من ذلك ان ظل الشاخص (م هـ) وقت الزوال فى يوم الانقلاب الصيفى يكون (ى هـ) وفى يوم الانقلاب الشتوى يكون (ض هـ) وبناء على ذلك اذا قسنا هذين الظلين بالضبط نجد فى المثلث القائم الزاوية (م ى هـ)

$$\frac{\text{ى هـ}}{\text{م هـ}} = \text{مماس (هـ م ى)}$$

وفى المثلث (ض م هـ)

$$\frac{\text{ض هـ}}{\text{م هـ}} = \text{مماس (هـ م ض)}$$

فبواسطة هذين القانونين يمكن تعيين الزاويتين (هـ م ى) و (هـ م ض) وحيث ان عرض البلد يساوى الزاوية

$$\text{س م عَ} = \text{ن م هـ} = \text{ن م ى} + \text{ں م هـ}$$

أو الزاوية

$$\text{ض م هـ} - \text{ض م ن}$$

ففى الحالة الاولى يلزم أن يضاف الى زاوية (ى م هـ) السابق تعيينها الزاوية (ن م ى) التى تساوى ٢٨ً ٢٣° لانها عبارة عن ميل الشمس الاعظم فى يوم الانقلاب الصيفى

وفى

وفى الحالة الثانية يلزم أن يطرح من زاوية (ض م هـ) الزاوية (ض م ن) التى تساوى ٢٨َ ,, ٢٣ْ أيضا لانها عبارة عن ميل الشمس فى يوم الانقلاب الشتوى وعلى ذلك يعلم عرض البلد يوم الانقلاب الصيفى باضافة ميل الشمس الاعظم الى الزاوية التى يصنعها الشاخص مع الشعاع المارّ برأسه ويوم الانقلاب الشتوى بطرحه منها

ويمكن أيضا استعمال هذه الطريقة فى وقت الزوال من الايام الاخرى التى بين الانقلابين لايجاد عرض المحل ولاجل ذلك يؤخذ ميل الشمس من التقويمات أو يبحث عنه بطريقة اخرى فان كان شماليا يضم الى الزاوية المستخرجة بالحساب السابق ذكره وان كان جنوبيا يطرح منها وان اريد اجراء ذلك فى وقت الزوال من يوم الاعتدال أى اليوم الذى يكون فيه الليل مساويا للنهار فلا حاجة لمعرفة ميل الشمس اذ فى ذلك اليوم تكون الزاوية (ى م هـ) المقابلة للظل (ى هـ) مساوية للعرض المطلوب

واعلم ان المتقدمين كانوا يستعملون طريقة الظل المذكورة لتعيين العروض الجغرافية المجهولة واذا كانت معلومة فكانوا يستعملونها لمعرفة ميل الشمس فى كل يوم وان كان الميل معلوما أيضا فكانوا يستعملونها لمعرفة طول ظل الاشياء بدون رصدها ولهذه الحالة الاخيرة أهمية عظمى فى عمل البسائط فانه يعلم بها النسبة التى بين طول الشاخص وظله اذ لو كانت هذه النسبة مجهولة فربما يعطى للشاخص ارتفاع زائد فظله يخرج فى بعض الاحيان عن حد البسيطة

وقد استعملنا هذه الطريقة بالنسبة للاستانة العلية لحساب النسبة بين ارتفاع الشاخص الموضوع عموديا على الافق وبين ظله وقت الزوال فى أيام وجود الشمس فى الانقلابين وفى الاعتدالين فوجدنا ما يأتى

بفرض عرض الاستانة العلية ٦ً ١ ,, ٠َ ,, ٤١ْ وميل الشمس الكلى ٥ً ٢ ,, ٢٧َ ,, ٢٣ْ يكون الظل الزوالى فى الانقلاب الصيفى

ى هـ = م هـ + مماس (العرض — الميل الكلى)

= م هـ + ٣١٥٤٧ ,٠

ثم الظل الزوالى بالنسبة لخط الاستواء

ى هـ = م هـ + مماس (العرض)

= م هـ + ٨٦٩٤٣ ,٠

والظل الزوالى فى الانقلاب الشتوى

ض هـ = م هـ + مماس (العرض + الميل الكلى)

= م هـ + ٠٠٠٩٣٠٠ ر ٢

ومسقط المرقم المار برأس الشاخص

هـ ن = م هـ + تمام مماس (العرض)

= م هـ + ٠١٥٠٢٠ ر ١

القسم الاول

(فى البسائط الزوالية)

(فى رسم البسائط على سطوح مستويه)

(٣٠) بعد رسم خط نصف النهار بالطرق المتقدم ذكرها وبعد معرفة عرض المحل يلزم وضع المرقم بحيث يكون فى مستو رأسىّ مع نصف النهار ويصنع معه زاوية مساوية للعرض المذكور ثم يتم العمل كما سيأتى بيانه هذا ولما كان من الممكن انشاء بسائط على سطوح مختلفة وبمواضع متنوعة رأينا لاجل السهولة ان نخص كل بسيطة باسم تعرف به وتميز عن سواها

الفصل الاول

(فى بيان البسيطة الاستوائية)

(٣١) البسيطة الاستوائية هى ما كان سطحها عموديا على المرقم أى موازيا لخط الاستواء

واذ كانت السطوح السويعية كلها تمر بالمرقم فجميعها عمودية على سطح البسيطة المذكورة وبسبب ذلك يمكن رسمها بغاية السهولة فانا لو فرضنا (هـ ى) نصف النهار (شكل ١٢) و (م ى) المرقم ورسمنا سطحا عموديا عليه فى نقطة (م) فيكون هذا السطح عموديا على جميع السطوح السويعية ويقطعها على خطوط عمودية على المرقم فى النقطة المذكورة وتصنع مع بعضها زوايا هى عين زوايا السطوح السويعية أى ٣٠َ رر ١٥° درجة لزوايا الساعات و ٣٠َ رر ٧° لزوايا انصاف الساعات كما تقدم وعلى هذا ذ رسمنا على سطح البسيطة خطوطا مارّة من نقطة (م) وصانعة مع بعضها زوايا مساوية

لهذين

لهذين المقدارين فتبين الساعات وأنصاف الساعات والعمل فى ذلك أن نرسم دائرة ما
على سطح البسيطة ونعين مايسمى خط الزوال (١٢) (١٢) وهو الفصل المشترك بين
سطح الدائرة وبين السطح الرأسى المار بالمرقم وخط نصف النهار (هـ د) ثم نقسم
محيط الدائرة الى أقواس متساوية على ١٥° و ٣٠ َ ٧° بالابتدا من نقطة (١٢)
ونضع أرقاما على نقط التقسيم لتدل على الاوقات وكيفية وضعها أن يقال حيث
ان الشمس تتحرك من اليمين الى اليسار فيتحرك ظل المرقم بعكس هذه الحركة أى من
اليسار الى اليمين كما هو مبين فى الشكل باتجاه السهم فعندما تصل الشمس الى نصف
النهار يجيء ظل المرقم فى النقطة (١٢) من جزء الدائرة الاسفل وبعد ذلك كلما مرت
الشمس من سطح سويعى يمر الظل على احدى نقط التقسيم التى على يسار النقطة
(١٢) المذكورة فنضع حينئذ الارقام ١ و ٢ و ٣ و ..... وهلم جرا على هذه
النقط فيعلم منها ساعة كل وقت

ومن المعلوم أن الشمس تكون مدة ستة شهور فى جهة من خط الاستواء ومدة ستة
شهور فى الجهة الاخرى فعلى هذا لايظهر ظل المرقم (م ل) على البسيطة الا مدة
فصلى الربيع والصيف وأما مدة فصلى الخريف والشتاء فيحدث ظل للجزء (م ب)
من المرقم على الجهة السفلى للبسيطة فلهذا السبب لابد من رسم دائرة على البسيطة
من هذه الجهة مساوية للاولى ومنقسمة مثلها هذا وحيث ان الشمس توجد على
خط الاستواء مدة يوم واحد فربما يظن أن فى ذلك اليوم لايحدث ظل على البسيطة
مطلقا لكن حيث ان قطرها أعظم جدا من سمك سطح البسيطة ففى اليوم المذكور
يظهر للمرقم ظلان أحدهما فوق البسيطة والآخر تحتها

(فى مزايا البسائط الاستوائية)

(٣٢) أول مزية للبسائط المذكورة هى أنها تصنع من معدن فيمكن استعمالها فى أى
محل كان ولكن فى أثناء تركيبها يلزم غاية التأمل فى وضع مرقمها على استقامة محور
العالم بالضبط وخطها الزوالى (١٢) (١٢) على نصف النهار ولها مزية أخرى مهمة
وهى أن خطوط الساعات التى ترسم للبسائط الاخرى تستنبط منها كما سترى

(فى انشاء البسيطة الافقية بواسطة ظل شاخص رأسى غير ثابت)

(٣٣) اذا أسقطت بسيطة استوائية على سطح أفقى تحدث بسيطة أخرى تسمى
بسيطة أفقية وقد ترك الكلام عليها أكثر من كتب فى هذا الفن

لنفرض (ك كَ) (شكل ١٣) مسقط نصف النهار على سطح أفقى ولنأخذ محور المساقط (ى و) موازيا للمسقط المذكور فاذا فرضنا شاخصا عموديا على السطح الافقى فى نقطة (مَ) التى على الخط (ك كَ) فمسقطه الرأسى يكون (ى م) والنقطة (م) تكون مسقط رأسه وبرسم المرقم (م و) من هذه النقطة ورسم (ع عَ) عموديا عليه يكون الاول محور العالم والثانى خط الاستواء فبانشاء بسيطة استوائية على خط الاستواء هذا بالطريقة المذكورة فى مادة (٣١) وباسقاطها على السطح الافقى نتحصل على البسيطة الافقية المطلوبة ولاجل ذلك نبتدئ بتعيين المساقط الرأسية لنقط ساعات البسيطة الاستوائية بأن نقول حيث ان الخط (ع عَ) هو خط الزوال أى الفصل المشترك بين خط الاستواء ونصف النهار فاذا دورنا خط الاستواء حول هذا الفصل حتى يصير موازيا لسطح المساقط الرأسية يكون مسقطه الرأسى دائرة (ط ن عَ نَ) المرسومة من المركز (م) بنصف قطر مساو للبعد (م ع) ولو قسمنا محيط هذه الدائرة بالابتداء من نقطة (عَ) التى لم يتغير موضعها فى أثناء التدوير الى أجزاء متساوية على خمس عشرة درجة ووضعنا الارقام ١ و ٢ و ٣ و ٤ .... وهكذا على نقط التقاسيم تكون هذه النقط هى نقط ساعات البسيطة الاستوائية وباعادة خط الاستواء الى موضعه الاصلى تتحرك هذه النقط على دوائر عمودية على السطح الرأسى بأنصاف أقطار مساوية للخطوط

(١١َ) و (٢٢َ) و (٣٣َ) و (٤٤َ) و ..... وهكذا

وحيث ان هذه الخطوط عندما يرجع خط الاستواء الى موضعه تكون عمودية على محور المساقط الرأسية وموازية للسطح الافقى فالنقط

١َ و ٢َ و ٣َ و ٤َ و .... وهكذا

هى اذن المساقط الرأسية لنقط الساعات المتقدم ذكرها

وأما مساقطها الافقية فتعلم بتعيين المساقط الافقية للخطوط

(١١َ) و (٢٢َ) و (٣٣َ) و (٤٤َ) و ..... وهكذا

فلكون هذه الخطوط موازية للسطح الافقى تكون مساقطها عليه مساوية لاطوالها الحقيقية وبناء على ذلك اذا أنزلنا أعمدة على مسقط نصف النهار (ك كَ) من النقط

١ و ٢ و ٣ و ٤ و ..... وهكذا

وأخذنا عليها من الجهتين الابعاد

١١َ = ف ١ً = ﻕ ١١ً و ٢٢َ = فً ٢ً = ﻕ ١٠ ١ً و .... وهكذا

تكون هذه الابعاد هى المساقط الافقية للخطوط المذكورة وتكون اذن النقط

١ً ٢ً ٣ً ٤ً ٥ً ٦ً ٧ً ٨ً ٩ً ١٠ً ١١ً ١٢ً

المساقط الافقية لنقط الساعات المطلوبة وبوصلها بخط مستمر يحدث قطع ناقص يكون المسقط الافقى لخط الاستواء اذ من المعلوم أن مسقط كل دائرة مائلة على سطح أفقى يكون قطعا ناقصا وقد بحثنا عن ابعاد هذا المنحنى بالنسبة للاستانة العلية فوجدنا أن محوره الاصغر يكون (على فرض مساواة المحور الاكبر لواحد) مساويا ٦٥٦١٢ر٠ وسنتمم الكلام على هذه البسيطة فى المواد الآتية

(فى بيان نقط المرقم التى ظلالها تدور على محيط دائرة البسيطة الاستوائية)

(٣٤) متى كانت البسيطة الاستوائية على هيئتها الاصلية فانها تدل على الاوقات بواسطة ظلال مرقها الذى على استقامة محور العالم ولكن اذا أسقطت على سطح أفقى نجد أن مرقها يسقط على الخط (ک کَ) فيلزم حينئذ وضع مرقم آخر على هذا الخط بحيث تمر ظلاله بنقط الساعات المرسومة على القطع الناقص المتقدم ذكره فيستدل به على الاوقات المطلوبة وقبل الكلام على كيفية وضع هذا المرقم يلزمنا أن نلاحظ أن الشمس برسمها دائرة حول مرقم البسيطة الاستوائية فى أربع وعشرين ساعة نرى أن كل نقطة من هذا المرقم ترسم فى تلك المدة دائرة على أى سطح يرسم عموديا على المرقم المذكور فعلى ذلك لو اعتبرنا نقطة الظل التى ترسم محيط البسيطة الاستوائية فى يوم ما ووصلناها بمركز الشمس لكان الخط الواصل يلاقى المرقم فى النقطة المحدثة لنقطة الظل المفروضة وبمراقبة هذه النقطة فى اليوم التالى وبفرض الشمس تتقارب من جهة الشمال نرى النقطة قد قربت من مركز دائرة البسيطة ويكون الظل الذى يمر على محيط الدائرة ناشئا عن نقطة أخرى من نقط المرقم ويستفاد من ذلك أن نقط المرقم المحدثة للظل المعين للاوقات تختلف كل يوم من الشمال الى الجنوب وجميعها واقعة بين نقطتين نهائيتين يمكن تعيينهما بالكيفية الآتية وهى أن نفرض أن الشمس فى الانقلاب الصيفى وقت الزوال فبأخذ قوس (عَ طَ) (شكل ١٣) مساويا لميلها الكلى الشمالى تكون نقطة (طَ) موضعها على قبة السماء واذا وصلنا هذه النقطة بالمركز (م) يحدث خط (ط طَ) يبين

منطقة البروج وحيث ان ظل المرقم فى الوقت المفروض يكون على الخط (م ع)
وعلى محيط دائرة البسيطة أيضا فهو اذن على نقطة تقاطعهما (ع) وبوصل هذه
النقطة بموضع الشمس بأن نرسم خط (ع ب) موازيا لاتجاه دائرة البروج (ط طَ)
اذ نقطة (طَ) على قبة السماء أى على بعد لا نهاية له نجد أن النقطة (ب) التى
يتلاقى فيها هذا الخط (ع ب) بالمرقم هى النقطة التى تحدث الظل الواقع على (ع)
فى اليوم المفروض أى هى احدى النقطتين المطلوبتين

وكذلك اذا فرضنا أن الشمس فى الانقلاب الشتوى وقت الزوال وفصلنا قوس
(عَ ىَ) مساويا لميلها الجنوبى الكلى فنجد موضعها فى (ىَ) وبوصل (ىَ م ى)
ورسم (ع ح) موازيا له يقطع المرقم فى نقطة (ح) وهى النقطة التى تحدث الظل
المار على المحيط فى اليوم المفروض وهى النقطة الثانية المطلوبة

ويظهر مما ذكر أنه اذا أريد تعيين النقطة المحدثة للظل المار بالمحيط فى أى يوم كان
ماعدا يومى الانقلابين يلزم أخذ ميل الشمس الجزئى لذلك اليوم فان كان شماليا يفصل
قوس مساو له من فوق النقطة (عَ) وان كان جنوبيا يفصل القوس من تحت
هذه النقطة ثم يوصل رأس القوس بالمركز (م) ويرسم من نقطة (ع) خط مواز
للخط الواصل فيلاقى المرقم فى النقطة المطلوبة

واذا أريد تعيين المساقط الافقية لهاتين النقطتين (ب) و (ح) وما شاكلهما يكفى
أن ينزل منها أعمدة على الخط (ك كَ) فتكون مواقع هذه الاعمدة هى المساقط
المذكورة وبذلك تكون (بَ) و (حَ) مسقطى نقطتى (ب) و (ح) وحيث ان نقط
المرقم المحدثة للظلال المارة على محيط الدائرة محصورة بين نقطتى (ب) و (ح) كما
قلنا فمساقط تلك النقط تكون محصورة أيضا بين المسقطين (بَ) و (حَ)

لنفرض انه صار تعيين جميع هذه النقط فبنفرض الشمس فى الانقلاب الصيفى اذا رسمنا
فى أىّ وقت من ذلك اليوم سطحا يمر بها وبالخط المسقطى (ب بَ) فيلاقى محيط
البسيطة الاستوائية فى نقطة تدل على الوقت المفروض وحيث ان هذا السطح عمودى
على السطح الافقى فأثره عليه يمر بأثر الخط (ب بَ) أى بالنقطة (بَ) بحيث لوكان
هذا الخط مجسما لدل ظله المار بنقطة (بَ) المذكورة على الوقت المفروض وبالجملة
فحيث ان الاثر الافقى للسطح المار بالخط (ب بَ) أى ظل هذا الخط يتبع حركة
الشمس ففى أثناء ماترسم الشمس دائرة يومية يدور الظل المذكور دورة واحدة حول

محدثه (ب بَ) ويمر بجميع نقط ساعات البسيطة فيمكن بواسطته معرفة أى وقت كان من ذلك اليوم ولكن لايمكن ذلك فى اليوم التالى لان ميل الشمس يكون قد تغير فيجب حينئذ استعمال مرقم آخر يمر بالنقطة المقابلة لليوم المذكور والعلة فى ذلك أن الشمس بتغيير ميلها تنزل تحت نقطة (طَ) فظل نقطة (ب) يقع خارجا عن دائرة البسيطة الاستوائية بحيث لو استعمل يومها ظل الخط (ب بَ) لنشأ عن ذلك خطأ ظاهر فلهذا السبب يلزم تعيين جميع النقط التى بين (بَ) و (حَ) لجميع أيام السنة فيوضع المرقم كل يوم على النقطة المقابلة له

(ملحوظات)

(٣٥) نحن وان قلنا بلزوم تعيين جميع النقط المقابلة لايام السنة كلها الا أن ذلك يصعب فى العمل اذ البعد (بَ حَ) صغير بالنسبة لعدد النقط اللازم تعيينها حيث ان نقط نصف السنة لاينقص عددها عن مائة وثلاثة وثمانين فتكاد يختلط بعضها ببعض

ولهذا السبب يكتفى فى العمل بتعيين النقط المقابلة لأوائل الشهور أولانصافها وفى بعض الاحيان لأوائل الاسابيع ولكن فى هذه الحالة يلزم أن قطر البسيطة الاستوائية أى محور القطع الناقص الاكبر يكون من ثلاثة أذرع الى ستة

فلاجل تعيين النقط المقابلة لأوائل الاشهر مثلا تؤخذ ميول الشمس بالنسبة لاوائل الاشهر الرومية وعلى حسب كونها شمالية أوجنوبية تؤخذ أقواس مساوية لها من فوق النقطة (عَ) أومن تحتها كما تقدم ثم يوصل رأس كل قوس بمركز الدائرة ويرسم من نقطة (ع) خط مواز للخط الواصل فيقطع المرقم فى النقطة المطلوبة فبتعيين المساقط الافقية لجميع النقط الموجودة بهذه الكيفية وبالتأشير على كل منها باسم الشهر المتعلقة به يتم المقصود

(فى كيفية وضع الشاخص العمودى وكيفية استعماله)

(٣٦) يلزم وضع الشاخص المذكور على البسيطة الافقية بحيث يتحرك فى ظرف ستة أشهر من النقطة (بَ) الى النقطة (حَ) (شكل ١٤) وفى ظرف الاشهر الستة الاخرى من (حَ) الى (بَ) ولاجل ذلك يوضع مثلث مثل (ب هـ ى)

يكون سطحه موازيا للافق وضلعه (ب ى) فى السطح الرأسى المار بالخط (ب حَ)
أى فى سطح نصف نهار المحل ثم يؤخذ شاخص مثل (ل) فى رأسه حلقة يمكن
تحريكها على الضلع (ب ى) النافذ فيها

فلاستعمال هذا الشاخص على هذه الصورة يحرك الى أن يقع طرفه الاسفل على نقطة
الخط (بَ حَ) المقابلة لليوم المطلوب اجراء العمل فيه أولمبدء الاسبوع أوالشهر
على حسب مايقتضيه تعيين النقط التى بين (بَ) و (حَ) ثم يرصد ظله على محيط
القطع الناقص فيعلم الوقت المطلوب

هذا ويوجد فى مدينة ديژون من بلاد فرنسا بسيطة من هذا النوع موضوعة فى محل
مستدير ونقط الساعات مبينة فيها بنقط منحوتة فى الحجر الا أنه لايوجد فيها شاخص
مثل الشاخص المتقدم ذكره بل يجيء من يريد معرفة الوقت فيضع نفسه على نقطة
نصف نهارها المقابلة لليوم الذى هو فيه ويدير وجهه الى جهة الشمال فيقع ظله على
محيط البسيطة فى نقطة تدل على الوقت ولا يخفى مايترتب على العمل بهذه الكيفية
من التخمين وعدم الضبط

الطريقة الثانية

(فى كيفية رسم البسيطة الافقية بطريق الحساب)

(٣٧) لما كانت الطريقة المتقدم ذكرها تستلزم عمليات رسم طويلة على سطح الارض
ولايخفى مافى ذلك من الصعوبات العديدة ولاسيما اذا كان قطر البسيطة الاستوائية من
خمسة أذرع الى ستة ناسب أن نذكر طريقة اخرى حسابية محضة بأن نبحث عن فضلات
ومرتبات نقط الساعات بالنسبة الى محورى القطع الناقص فنعتبر الفضلات (س) على
المحور الاعظم والمرتبات (ع) على الاصغر وبعد ذلك يمكن تعيين جميع النقط المذكورة
بغاية السهولة كما هو معلوم وذلك مهما كان عرض البلد وعظم البسيطة

(فى تعيين المرتبات ع)

---

(٣٨) لنفرض لاجل الاختصار نصف قطر دائرة البسيطة الاستوائية (م عَ = نَ)
(شكل ١٣)
ونرمز للاعمدة

١١َ و ٢٢َ و ٣٣َ و ٤٤َ و ٠٠٠٠٠ و ٦٦َ

بالحروف

بالحروف

ع و عَ و عً و عً و .... وهكذا

بحيث ان

زاوية (عَ م ١) = ١٥°

وزاوية (عَ م ٢) = ٢ × ١٥°

وزاوية (عَ م ٣) = ٣ × ١٥°

....

....

وزاوية (عَ م ٦) = ٦ × ١٥°

يكون فى المثلثات (١ م ١َ) و (٢ م ٢َ) و ... وهكذا

ع = ر جيب ١٥°

عَ = ر جيب ٣٠°

عً = ر جيب ٤٥°

عً = ر جيب ٦٠°

عً = ر جيب ٧٥°

عً = ر جيب ٩٠°

فبواسطة هذه القوانين يمكن تعيين الاعمدة المذكورة وهى مرتبات النقط

١ و ٢ و ٣ و ٤ و ...... وهكذا

بالنسبة للمحورين (م عَ) و (م ٦) وبذلك تتعين أيضا مرتبات النقط

١ً و ٢ً و ٣ً و ٤ً و ...... وهكذا

بالنسبة لمحورى القطع الناقص اذ تقدم ان

١١َ = ن ١ً و ٢٢َ = ن ٢ً و ...... وهكذا

واذا اريد تعيين فضلات النقط

١ و ٢ و ٣ و ٤ و ...... وهكذا

وهى

١َ م و ٢َ م و ٣َ م و ...... وهكذا

نرمز لها بالحروف ص وصَ وصً و ... وهكذافنجد فى المثلثات المتقدم ذكرها

ص = م تمام جيب ١٥°

صَ = م تمام جيب ٣٠°

صً = م تمام جيب ٤٥°

ص‴ = م تمام جيب ٦٠°

ص⁗ = م تمام جيب ٧٥°

ص = م تمام جيب ٩٠°

ومما سبق يمكن تعيين نقطة ساعات البسيطة الاستوائية وأما نقط ساعات البسيطة الافقية فقد ذكرنا كيفية تعيين مرتباتها وسنبين فضلاتها فى المادة الآتية

(فى تعيين الفضلات س)

---

(٣٩) فضلات نقط ساعات القطع الناقص هى

(م ١٢) و(مَ ن) و (مَ ف) و .... وهكذا

ولنرمز لها بالحروف

س و سَ و سً و سً و .... وهلم جرا

حيث انها مساوية للابعاد

(م لَ) و (م نَ) و (م فَ) و ...... وهكذا

اذ خط (م لَ) موازلخط (مَ ١٢َ) يمكن تعيينها بواسطة المثلثات

(م عَ لَ) و(م ١َ نَ) و(م ٢ ف) و ...... وهكذا

ففى المثلث (م عَ لَ) مثلا نجد

$$\frac{\text{م لَ}}{\text{م ع}} = \text{تمام جيب}(\text{عَ م لَ})$$

أعنى أن

$$\frac{\text{س}}{\text{م}} = \text{تمام جيب}(\text{عَ م لَ})$$

واما

أما زاوية (ع َ م ل َ) فهى مكملة للزاوية (و م ل َ) أو (ب م ل) أعنى أنها مكملة لعرض المحل ومن المعلوم ان تمام جيب مكملة أى زاوية يعادل جيب هذه الزاوية فتؤل المعادلة الاخيرة الى هاته

س = ر جيب (العرض)

وهو المطلوب

ولايجاد س َ يقال حيث انه يوجد فى المثلث (م ا َ ن َ)

$\frac{\text{ن م َ}}{\text{ا َ م}}$ = تمام جيب (مكملة العرض)

أعنى أن

$\frac{\text{س َ}}{\text{ا َ م}}$ = جيب العرض

وقد علمنا من المادة (٣٨) السابقة ان ا َ م = ص = ر تمام جيب ١٥° فبالتعويض تؤل تلك المعادلة الى اخرى بهذه الصورة

س َ = ر تمام جيب ١٥° جيب (العرض)

وبهذه الطريقة يكون

س ً = ر تمام جيب ٣٠° جيب (العرض)

س ‴ = ر تمام جيب ٤٥° جيب (العرض)

س ⁗ = ر تمام جيب ٦٠° جيب (العرض)

س ⁗َ = ر تمام جيب ٧٥° جيب (العرض)

فنجد بواسطة هذه القوانين الفضلات المطلوبة وبذلك نكون عينا مرتبات وفضلات نقط الساعات فيمكن تعيينها هى أيضا

(فى تعيين الابعاد من المركز على المحور الاصغر للنقط المتعلقة بايام مختلفة)

(٤٠) قد قلنا فى مادتى (٣٤) و (٣٥) ان النقط التى يلزم وضع شاخص البسيطة عليها فى أيام مختلفة موجودة على المرقم ما بين نقطتى (ب) و(ح) (شكل ١٣) فيمكن ايجاد المساقط الافقية لتلك النقط بمجرد الحساب وذلك بان نبحث عن ابعاد المساقط المذكورة من مركز القطع الناقص

لنفرض الشمس فى الانقلاب الصيفى فالنقطة المتعلقة بذلك اليوم تكون (ب) ويكون مسقطها الافق (بَ) وبعده من المركز (مَ بَ) فلتعيين هذا البعد نقول انه يساوى البعد (ل م) الذى هو عبارة عن مسقط (م ب) أما (م ب) هذا فيعلم من المثلث (ح م ب) القائم الزاوية الذى زاويته (ب ح م) تساوى ميل الشمس وضلعه (ح م) يساوى (ر) لانه نصف قطر البسيطة الاستوائية فيحدث

م ب = ر مماس (ميل الشمس)

واذا اعتبرنا المثلث (ب م ل) نجد (ل م) لان

ل م = ب م × تمام جيب (عرض البلد)

فبوضع قيمة (م ب) يحدث

ل م أعنى مَ بَ = ر مماس (الميل) تمام جيب (العرض)

وهو المطلوب

ويعلم مما تقدم أنه يمكن فى أول كل شهر أوكل جمعة تعيين الابعاد المذكورة ولاجل ذلك يكفى معرفة ميـل الشمس المقابل لليوم المفروض ولكن يلزم التنبيه الى كون الميل المـذكور شماليا أوجنوبيا فان كان شماليا يكون البعد موجبا فيؤخـذ على الاتجاه (بَ م) وان كان جنوبيا توضع علامة (ـــ) امام مماس الميل فيكون البعد المذكور سالبا ويؤخذ على الاتجاه (مَ حَ) :

هذا ودونك جدولا يشمل ميول الشمس المقابلة لاوائل اشهر سنة ١٢٨٠ من السنة المالية العثمانيه وكذا الايام التى توجد فيها الشمس فى الانقلابين مع ميولها وحينئذ فيمكن استعمال هذا الجدول لاية سنة كانت

سنة ١٢٨٠	الايام	الميول الشمسيه			
		ثانيه	دقيقه	درجه	
مارث	١	−١٢	٤٢	٢	
نيسان	١	+٣٣	١٤	٩	
مايس	١	+٥٦	٣٠	١٨	
حزيران	١	+٢	١٥	٢٣	
تموز	١	+٢٧	٤٦	٢١	
اغستوس	١	+٤	٣٢	١٤	
ايلول	١	+٢٨	٣٦	٣	
تشرين الاول	١	−٢	٥٨	٧	
تشرين الثانى	١	−٢٦	٧	١٨	
كانون الاول	١	−٤	١٢	٢٣	
كانون الثانى	١	−١٩	٣٣	٢١	
شباط	١	−٥٥	٢٩	٣	
مارث	٨	٠٠	٠٠	٠٠	فصل الربيع
حزيران	٩	+٢٥	٢٧	٢٣	فصل الصيف
ايلول	١٠	٠٠	٠٠	٠٠	فصل الخريف
كانون الاول	٩	−٢٥	٢٧	٢٣	فصل الشتاء

(فى الابعاد التى يلزم أخذها لرسم البسيطة الافقية فى الاستانة العالية)

(٤١) الابعاد التى يلزم أخذها لرسم البسيطة المذكورة فى الاستانة العالية يمكن استخراجها من القوانين السابقة وذلك بأن يفرض فيها نصف قطر البسيطة الاستوائية أو نصف المحور الاكبر للقطع الناقص مساويا للواحد أعنى أن (ر = ١)

ويفرض عرض المحل ٤١° ٠′ ١٦″ ويؤخذ ميل الشمس من الجدول المتقدم ذكره

بالنسبة لاول كل شهر وللانقلابين ثم تحل القوانين المذكورة فتعلم الفضلات (س) والمرتبات (ع) والابعاد المركزية ودونك جدولا يشتمل على نتيجة هذه العملية

نقط الساعات	فضلاتها (س)	مرتباتها (ع)
١٢	٠٫٦٥٦١٢	٠٫٠٠٠٠٠
١	٠٫٦٣٣٧٦	٠٫٢٥٨٨٢
٢	٠٫٥٦٨٢٢	٠٫٥٠٠٠٠
٣	٠٫٤٦٣٩٥	٠٫٧٠٧١١
٤	٠٫٣٢٨٠٦	٠٫٨٦٦٠٣
٥	٠٫١٦٩٨٢	٠٫٩٦٥٩٤
٦	٠٫٠٠٠٠٠	١٫٠٠٠٠٠

الاشهر	أيامها	ابعاد موقع الشاخص عن النقطة المركزية	
مارث	١	—٠٫٠٣٥٦٣	
نيسان	١	+٠٫١٢٢٨١	
مايس	١	+٠٫٢٥٢٧٣	
حزيران	١	+٠٫٣٢٤٢٣	
تموز	١	+٠٫٣٠١٤٥	
اغستوس	١	+٠٫١٩٥٦٥	
ايلول	١	+٠٫٠٤٧٥٨	
تشرين الاول	١	—٠٫١٠٥٧١	
تشرين الثانى	١	—٠٫٢٤٧٠١	
كانون الاول	١	—٠٫٣٢٣٤٦	
كانون الثانى	١	—٠٫٢٩٨١١	
شباط	١	—٠٫١٨١١٦	
مارث	٨	٠٫٠٠٠٠٠	يوم الاعتدال
حزيران	٩	+٠٫٣٢٧٤٦	الانقلاب الصيفى
ايلول	١٠	٠٫٠٠٠٠٠	يوم الاعتدال
كانون الاول	٩	—٠٫٣٢٧٤٦	الانقلاب الشتوى

فبعد

فبعد اتمام هذا الحساب ولانشاء البسيطة المذكورة فى أىّ محل كان من الاستانة العلية يبتدأ بتعيين نصف النهار ويرسم على سطح البسيطة ثم يرسم خط عمودى عليه فى السطح المذكور فيكون هذا العمود هو المحور الاكبر للقطع الناقص ثم يؤخذ هذان الخطان محورين للاحداثيات فيصير تعيين الفضلات (س) على المحور الاصغر والمرتبات (ع) على المحور الاكبر وأما كيفية حساب مقادير الفضلات والمرتبات فهى أن نقيس طول نصف المحور الاكبر بالذراع مثلا ونضرب أرقام الجدول فى قيمته فتكون قد حولت تلك الارقام الى أذرع فنأخذ بواسطة هذا المقياس جميع المقادير اللازم أخذها على المحورين حتى تعين جميع نقط الساعات فنرسم بعد ذلك القطع الناقص ونقط المرقم الواقعة على محوره الاصغر

(فى انشاء البسيطة الافقية الثابتة فى محل أوغير الثابتة فيه بواسطة مرقم ثابت أوشاخص عمودى أولوحة مثقوبة ثابتين)

(٤٢) لنرسم نصف النهار (بَ م) (شكل ١٥) على السطح المراد انشاء البسيطة عليه فاذا فرضنا نقطة (م) الاثر الافقى للمرقم فتسمى هذه النقطة مركز البسيطة ولنأخذ للمساقط الرأسية سطحا يكون موازيا لسطح نصف النهار وليكن (مَ) المسقط الرأسى لنقطة (م) فاذا رسمنا الزاوية (ب مَ نَ) على الخط الافقى (مَ د) مساوية لعرض البلد ثم عينا نقطة (ن) التى هى المسقط الرأسى لرأس مرقم البسيطة يكون خط (ب مَ) المسقط الرأسى للمرقم المذكور ويكون (ن م) مسقطه الافقى

واذ قد فرضنا مركز البسيطة فى (م) فمن البديهى انه يمكن بيان الساعات اما بواسطة ظل المرقم (ب مَ) واما بواسطة ظل رأس الشاخص العمودى فى نقطة (ن) وطوله يعادل (ب نَ) واما بواسطة الضوء المار بثقب لوحة موضوعة على رأس الشاخص المذكور فأية طريقة كانت من هذه الطرق الثلاث يمكن استعمالها اذا رسمنا سطحا عموديا على المرقم (ب مَ) فهذا السطح يكون ضرورة عموديا على سطح المساقط الرأسية ويكون اذن أثره الرأسى (ب عَ) عموديا على (ب مَ) وأثره الافقى (ع عَ) عموديا على خط الارض (مَ د) ولما كان السطح المذكور بالنظر لموضعه عبارة عن سطح الاستواء فلاجل ذلك يسمى أثره الافقى (ع عَ) بمعدل النهار لان يوم تساوى الليل بالنهار يمر ظل رأس الشاخص على الخط المذكور من الصباح الى المساء بدون انحراف ما

فبناء عليه وعلى ماتقدم فى مادة (٣١) اذا أردنا توليد البسيطة الافقية من البسيطة الاستوائية بتعيين الآثار الافقيـة للسطوح السويعية أى خطوط الساعات يلزمنا أن ندور سطح الاستواء حول معـدل النهار (ع عَ) المذكور حتى ينطبق على الافق ثم نرسم عليه بسيطة استوائية ونمد خطوط ساعاتها الى أن تلاقى معـدل النهار فتكون نقط هذا التلاقى جميعها نقطا من الآثار الافقية للسطوح السويعية وحيث اننا نعلم نقطة مشتركة بين جميع الآثار المذكورة وهى نقطـة (م) التى هى مركز البسـيطة فاذا وصلنا هـذه النقطة الى جميع النقط الاخرى نكون قد رسمنا خطوط الساعات المطلوبة

(فى كيفية العمل)

كيفية تدوير سطح الاستواء المار ذكره هى أن نرسم قوس دائرة (ب ى) من النقطة (عَ) بنصف قطر يساوى البعد (عَ ب) ثم ننزل من نقطة (ى) العمود (ى بَ) على نصف النهار فيلاقيه فى النقطة (بَ) التى تكون موضعا لرأس الشاخص الذى فى (ن) حينما يدور سطح الاستواء حول معدل النهار وينطبق على سطح الافق ثم من نقطة (بَ) نرسم نصف الدائرة (٦ ع ٦) بنصف قطر حيثما اتفق ونقسم محيطها بالابتداء من النقطة (ع) الى اثنى عشر قسما متساوية فيكون كل قسم خمس عشرة درجة ثم نصـل من نقط التقاسيم الى مركز نصف الدائرة بخطوط مستقيمة ونمدها الى أن تقطع معـدل النهار فى النقط ٩ و ١٠ و ١١ و ١٢ و ١ و ٢ و ٣ ثم نصل هـذه النقط بمركز البسيطة (م) فتحدث خطوط الساعات المطلوب رسمها

(فى تحديد أطوال خطوط الساعات)

ان أطوال خطوط السـاعات تتعلق بنوع المرى المستعمل فى البسـيطة وقد بينا أنواعه فى مادتى (٨) و (٢٤) فاذا استعملنا ظـل المرقم أى ظل الضلع (ب مَ) من المثلث (مَ نَ ب) فمهما كان مقدار هذا الظل فانه يمر دائما من مركز البسيطة (م) ويمتد على اتجاه خط مستقيم ففى هذه الحالة يمكن أخذ خطوط الساعات على أى بعـد كان من النقطـة (م) هـذا اذا استعملنا مرقما وأما اذا استعملنا شاخصا عموديا أو لوحـة مثقوبة بحيث ان ظـل رأس الشـاخص أو الضوء المار من الثقب لايقع خارجا عن

المنحنيين المظلمين المرسومين فى يومى الانقلابين يمكن الاكتفاء فى هاتين الحالتين برسم أقسام خطوط الساعات الواقعة بين المنحنيين المذكورين وسنذكر كيفية ذلك بعد

(فى كيفية وضع الارقام)

ان خط نصف نهار البسيطة يدل على الساعة ١٢ أو الساعة صفر كما تقدم ذلك فى المادة (٣١) وأما أرقام الخطوط الاخرى فتوضع عليها بالابتداء من خط الزوال بحيث تكون متزايدة فى الجهة الشمالية من اليسار الى اليمين أى بعكس حركة الشمس

(فى اجراء الرسم المذكور بطريقة أخرى)

(٤٣) ان انشاء البسيطة الافقية بالكيفية المتقدم ذكرها أى باستعمال سطح المساقط الرأسية يستلزم أن يكون سطحها ذا عرض وطول عظيمين فلذلك ينبغى لنا أن نذكر طريقة أخرى وهى أن ندور الشاخص أوالمرقم حول مسقطه الافقى (ں م) حتى ينطبق على سطح البسيطة ولاجل ذلك نقيم من نقطة (ں) على خط (ع م) العمود (ں ٮ″) مساويا لطول الشاخص المفروض فى (ں) وحيث اننا لو وصلنا نقطتى (ٮ″) و (م) بخط مستقيم نجد موضع المرقم على السطح الافقى و يصنع مع (ع م) زاوية مساوية لعرض البلد فاذا رسمنا من (ٮ″) خطا يصنع مع (ع م) زاوية تعادل تمام عرض البلد المذكور يكون هذا الخط عموديا على اتجاه المستقيم (ٮ″ م) الذى لم يرسم و يقطع (ٮ′ م) فى نقطة (ع) و يجعل هذه النقطة مركزا ورسم قوس دائرة على يمين النقطة (ع) بنصف قطر مساو للطول (ٮ″ ع) نجد النقطة (ٮ′) فبعد ذلك نقيم فى نقطة (ع) عمودا على نصف النهار يكون هو معدل النهار ونرسم نصف دائرة ما من (ٮ′) ونجرى تقسيم محيطها ونتم العمل كما تقدم ذكره

(فى كيفية الرسم على سطح محدود بدون خروج عنه)

(٤٤) يمكن بالطريقة المتقدمة ان نرسم البسيطة الافقية على سطح محدود ولكن لايتأتى ذلك فى جميع السطوح بل فى بعضها دون البعض الآخر مثل المستطيل المفروض فى (شكل ١٦) فلهذا رأينا أن نذكر طريقة بها يمكن الرسم على أى سطح محدود ونذكر معها ثلاث نظريات مهمة

ليكن (م) مركز البسيطة و (م ع) نصف نهارها ولنرسم خط (م ٮ) بحيث يصنع

مع (م ع) زاوية مساوية لعرض البلد فيكون (م ب) هو مرقم البسيطة واذا أقمنا عليه العمود (ب ع) من النقطة (ب) يتلاقى هذا العمود مع نصف النهار فى (ع) ونرسم (ف ف َ) عموديا على نصف النهار المذكور من النقطة (ع) يكون هذا العمود هو معدل النهار ثم لنجعل نقطة (ع) مركزا ونرسم القوس (ب بَ) من جهة يسارها حتى لايخرج ذلك القوس عن حدود المستطيل فنجد النقطة (بَ) التى هى مركز البسيطة الاستوائية ونرسم من هذه النقطة نصف دائرة بحيث لاتخرج عن المستطيل ونقسم محيطها الى اثنى عشر جزأ ونصل من المركز (بَ) الى نقط التقاسيم بخطوط مستقيمة ونمدها الى أن تلاقى معدل النهار فاذا وصلنا نقط التلاقى هذه بمركز البسيطة (م) نجد خطوط الساعات المطلوبة ولكن لما كانت نقط التلاقى لاتزيد عن ثلاث أو أربع كما يظهر من الشكل وكان الباقى بالضرورة يقع خارج المستطيل كان من المتعذر رسم أكثر من ثلاثة خطوط أو أربعة من خطوط الساعات مثل (م ٢) و (م ١) و (م ١١) و (م ١٠) فيلزم لاجل رسم باقى الخطوط استعمال احدى النظريات الثلاثة الآتية

(النظرية الاولى)

(٤٥) قد أمكننا بالطريقة المذكورة فى المادة السابقة رسم خطوط الساعات ١٠ و ١١ و ١٢ و ١ و ٢ (شكل ١٦) ولم يمكننا رسم الخطوط الباقية أى خطوط الساعات ٣ و ٤ و ٥ و ٦ ولا المقابلة لها ٩ و ٨ و ٧ و ٦ فللحصول على ذلك نقول

أما الخطان (م ٦ و م ٦) فلتعيينهما نلاحظ أن النقطتين (٦ و ٦) يدلان على موضعى الشمس البعيدين من نصف النهار بتسعين درجة فهما اذن متناظرتان على جانبى نصف النهار المذكور وموجودتان على الخط المرسوم من (م) موازيا لمعدل النهار (ف فَ) فبناء على هذا اذا رسمنا من نقطة (م) مستقيما موازيا للمعدل المذكور يحدث خط مبين للساعتين المذكورتين (٦ و ٦) ولزيادة الايضاح نرجع الى الشكل السابق فنرى فيه خط الساعات (٦ و ٦) للبسيطة الاستوائية يقطع معدل النهار فيما لانهاية له فبمقتضى هذا يلزم أن خط البسيطة الافقية المقابل لذلك الخط يقطع معدل النهار فيما لانهاية له أيضا أعنى أن يكون موازيا له

واما

وأما خطوط الساعات الاخرى ٣ و ٤ و ٥ فلتعيينها نرسم من نقطة البسيطة الاستوائية الدالة على هذه الاعداد سطوحا موازية لسطح نصف النهار فكل واحد من هذه السطوح يقطع سطحا من سطوح ساعات البسيطة الافقية على خط مستقيم مواز للمرقم والآثار الافقية لجميع هذه الخطوط أى الفصول المشتركة بين السطوح المذكورة تكون هى النقط التى يمر بها ظل المرقم فى الساعات المقابلة لكل واحد من تلك السطوح فاذا عينا هذه الآثار ووصلنا بينها وبين مركز البسيطة م بخطوط مستقيمة نكون قد رسمنا خطوط الساعات المطلوبة ولاجل ذلك يلزمنا ابتداء تعيين المساقط الافقية للفصول المشتركة المتقدم ذكرها فنقول

حيث ان السطوح التى نريد رسمها هى موازية لسطح نصف النهار وبالضرورة عمودية على الافق يلزم أن تمر أثراتها من نقط الساعات المعلومة وتصير موازية جميعها لنصف النهار (ع م) فتكون هذه الاثرات هى المساقط الافقية للفصول المشتركة لان السطوح المذكورة هى عبارة عن السطوح المسقطية لتلك الفصول المشتركة وحيث اننا طبقنا البسيطة الاستوائية على سطح الافق فاذا رسمنا من نقطة محيطها ٣ و ٤ و ٥ الخطوط ٣٣ً و ٤٤ً و ٥٥ً موازية لنصف النهار (م ع) تكون هذه الخطوط هى المساقط الافقية للفصول المشتركة وأما مساقطها الرأسية فحيث كانت تمر من المساقط العمودية لنقط ساعات البسيطة الاستوائية وكانت موازية لمسقط المرقم فاذا أنزلنا من النقط ٣ و ٤ و ٥ خطوطا عمودية على خط الارض (ع م) ثم نقلنا مواقعها على خط (ع ب) بواسطة أقواس دوائر نجد النقط ٣َ و ٤َ و ٥َ التى هى عبارة عن المساقط العمودية لنقط ساعات البسيطة الاستوائية واذا رسمنا منها خطوطا موازية للمرقم (ب م) نجد المساقط العمودية للفصول المشتركة واذ كان كل واحد من المساقط المذكورة يقطع خط الارض فى نقطة معلومة فاذا رسمنا من تلك النقط خطوطا عمودية على خط الارض المذكور فانها تقطع الخطوط ٣٣ً و ٤٤ً و ٥٥ً فى النقط ٣ً و ٤ً و ٥ً وتكون هى الآثار الافقية المطلوبة لتلك الفصول المشتركة واذا رسمنا بعد ذلك من النقط ٩ و ٨ و ٧ خطوطا موازية لنصف النهار ومددنا الاعمدة المتقدم ذكرها الى جهة هذه النقط تحدث النقط ٩َ و ٨َ و ٧َ التى هى الآثار الافقية المقابلة لنقط الساعات ٩ و ٨ و ٧ فبوصل جميع هذه الآثار الستة بالمركز (م) نجد الخطوط

(م ٥) و(م ٤) و(م ٣) و(م ٩) و(م ٨) و(م ٧)
وهى خطوط ساعات البسيطة الافقية المبحوث عنها

(النظرية الثانية)

(٤٦) اذا أمكن رسم سبعة خطوط ساعات متوالية على سطح البسيطة بالكيفية المتقدم ذكرها يمكن رسم الخطوط الاخرى بغاية السهولة بالطريقة الآتية وهى أن نفرض فى (الشكل ١٧) أن الخطوط

٩ و ١٠ و ١١ و ١٢ و ١ و ٢ و ٣

تكون قد رسمت على سطح البسيطة بالطريقة المذكورة فى المادة (٤٤) فلرسم الخطوط الاخرى نرسم الخط (ل ن) موازيا لخط (م ٩) ثم نجعل نقطة تقاطعه (ب) بالخط (٣) مبدأ ونأخذ عليه منها

بعد ب ح = ب حَ
وبعد ب ى = ب ىَ
وبعد ب هـ = ب هـَ

فتكون النقط حَ ىَ هـَ نقطا من نقط خطوط الساعات ٤ و ٥ و ٦ فبوصلها بالمركز (م) واجراء كل هذه العملية فى الجهة الاخرى من المركز المذكور نجد الخطوط الباقية المطلوبة وهى

(م ٤) و(م ٥) و(م ٦) و(م ٨) و(م ٧) و(م ٦)

وحيث ان خطى (م ٦ و م ٦) هما على استقامة واحدة عمودية على نصف النهار فوجودهما بهذه الحالة بعد العملية يكون دليلا على صحتها

وللبرهنة على ماتقدم نقول ان الخط (ل ن) الذى رسمناه بالكيفية المذكورة يمكن اعتباره أثرا أفقيا لسطح مواز للسطح (م ٩) وأما هذا السطح (م ٩) فاذ كان بينه وبين السطح (م ٣) ست ساعات يكون عموديا عليه فالسطح الذى أثره (ل ن) عمودى أيضا على (م ٣) وعلى ذلك فجميع الفصول المشتركة بين سطوح ساعات البسيطة وهذا السطح (ل ن) موازية للمرقم بحيث تكون الآثار الافقية لتلك الفصول موجودة على الخط (ل ن) واذ كان من الواضح أن كل اثنين منها متناظران بالنسبة للنقطة (ب) فاذا أخذنا بعد (ب ح = ب حَ) وبعد (ب ى = ب ىَ)

وبعد (ب هـ = ب هـَ) نجد النقط (حَ وءَ وهـَ) التى هى آثار أفقية لخطوط مستقيمة موازية للمرقم وموجودة فى أسطح الساعات المقابلة لها حيث كان من الضرورى وجود هذه النقط على الآثار الافقية لسطوح الساعات المذكورة فبوصلها بالمركز (م) تحدث ضرورة خطوط الساعات المطلوبة

(النظرية الثالثة)

(٤٧) أكثر ماتكون السطوح التى ترسم عليها البسائط ذوات اشكال مستطيلة ففى هذه الحالة وان كان يمكن رسم خطوط الساعات المجاورة لخط الساعة السادسة بالطرق المتقدم ذكرها الا أنه يرجح استعمال الطريقة الآتية

وهى أن يلاحظ ابتداء أنه لامكان رسم الخطوط (١٠ و ١١ و ١ و ٢) (شكل ١٨) المفروض أنها تقطع معدل النهار على سطح البسيطة يلزم أن ينتخب محل مخصوص لمعدل النهار المذكور بالنسبة لمحل تدوير البسيطة الاستوائية فلنفرض مركز هذه البسيطة فى (ب) ولترسم خطوط ساعاتها فيلزم رسم معدل النهار (ف ن) بحيث انه يقطع من كل جهة من نصف النهار خطين منها فبهذه الواسطة يمكن تعيين الخطوط الاربعة (م١٠) و (م١١) و (م١) و (م٢) وأما الخطوط الباقية فلتعيينها نأخذ النقطة (هـ) التى هى نقطة تقاطع الخط الاخير (م ٢) بمعدل النهار ونرسم منها الخط (هـ ص) موازيا لنصف النهار

ثم بعد ذلك نرسم خطوط ساعات البسيطة الاستوائية (ب٣َ وب٤َ وب٥َ) ونمدها الى أن تلاقى الموازى المذكور (هـ ص) فى النقط (د ع ل) ثم من هذه النقط نرسم الخطوط (ءءَ) و (ععَ) و (للَ) موازية لمعدل النهار الى أن تقطع الخط (ب هـ) فى (ءَ عَ لَ) ثم نرسم منها الخطوط (ءَءً) و (عَعً) و (لَلً) موازية للخط (هـ ص) حتى تلاقى الخط (م هـ) ثم من النقط (ءً وعً ولً) نرسم (ءًءٌ وعًعٌ ولًلٌ) موازيات لمعدل النهار فتقطع (هـ ص) فى النقط (ءٌ وعٌ ولٌ) التى اذا وصل منها الى المركز (م) تحدث خطوط الساعات ٣ و ٤ و ٥

وبما تقرر عرفت كيف يمكن انشاء البسيطة فى سطح محدود ولنثبت الآن صحة ماذكر بالبرهان وهو مبنى على أن كل خط من خطوط ساعات البسيطة الافقية يلاقى

الخط المقابل له من البسيطة الاستوائية فى نقطة واحدة على معدل النهار فالخط (م٣) مثلا يلاقى الخط (م ٣َ) فى نقطة (ن) على معدل النهار (ف هـ)

(فى اثبات العمل المذكور)

لنفرض (م ط) نصف النهار (شكل ١٩) و (ط ن) معدله و (ب ن) خط الساعة (٣) من البسيطة الاستوائية و (م ن) الخط المقابل له من البسيطة الافقية ولنأخذ نقطة مّا (هـ) على معدل النهار ونصل منها الى نقطتى (ب) و (م) ثم نرسم (هـ ص) موازيا لنصف النهار (ط م) فيقطع خط الساعة (٣) من البسيطة الاستوائية فى نقطة (ى) ونرسم (ىىَ) موازيا لخط (ط ن) يقطع (ب هـ) فى نقطة (ىَ) فنرسم منها خط (ى حَ) موازيا لنصف النهار (ط م) فيلاقى (هـ م) فى نقطة (ىً) ولنرمز بالحرف ىً لنقطة تقاطع الخطين (هـ ص) و (م ن) ونصل بين (ىَ وىً) بخط مستقيم فنقول ان هـذا الخط موازٍ لخط (ط ن) أو عمود على (هـ ص) فان أمكننا أن نبرهن على ذلك نكون قد أثبتنا أن موقع العمود النازل من نقطة (ىً) على (هـ ص) يوجد على خط من خطوط ساعات البسيطة الافقية بحيث لو وصلنا من الموقع المذكور الى المركز (م) بخط مستقيم يحدث الخط المذكور ويقطع الخط المقابل له من البسيطة الاستوائية فى نقطة على معدل النهار ويكون هو المطلوب بيانه

أما البرهان على ماقيل فهو أنه يحدث من تشابه المثلثات ان

$$\frac{م ط}{ىً هـ} = \frac{ط ن}{هـ ن}$$

و

$$\frac{ب ط}{ى هـ} = \frac{ط ن}{هـ ن}$$

ومنهما

$$\frac{م ط}{ىً هـ} = \frac{ب ط}{ى هـ}$$

أو

$$\frac{م ط}{ب ط} = \frac{ىً هـ}{ى هـ}$$

ويحدث أيضا

$$\frac{م ط}{ب ط} = \frac{ىً ح}{ىَ ح}$$

أو بمقارنة هاتين المعادلتين

$$\frac{\text{د″ ه}}{\text{د ه}} = \frac{\text{د′ ح}}{\text{د ح}}$$

أما د ه = د′ ح فلذن د″ ه = د″ ح وحيث ان الشكل (ح ه د″ د″) مستطيل فالضلع د″ د″ عمود على الضلع ه د″ أى على الخط (ه ص) وهو المطلوب فقد ظهر لك بهذا البرهان صحة النظريات المذكورة

(فى رسم البسيطة الافقية بواسطة الحساب)

(٤٨) ان القواعد التى ذكرناها فيما تقدم وان كانت فى الواقع كافية لرسم البسيطة الافقية الا أن العمل بها يستدعى آلات هندسية ورسم خطوط كثيرة يصعب رسمها على سطح الارض فمنعا لهذه الصعوبات قد التزمنا بذكر طرق اخرى حسابية يسهل العمل بمقتضاها

ليكن (ب ح) (شكل ٢٠) مرقم البسيطة الافقية و (ب ح) نصف نهارها و (ن ك) معدل النهار و (ع ح) خط زوال البسيطة الاستوائية ثم يقال لو علمنا خطا اخر (ع د) من خطوط ساعات البسيطة الاستوائية المذكورة فالخط المقابل له فى البسيطة الافقية يمر ضرورة بالنقطة (د) ولكن من حيث ان (ع د) مجهول فيمكننا أن نبحث عن مقدار الزاوية (ه′) أو البعد (ح د) فمتى وجدنا أحدهما يمكننا رسم الخط (ب د) وعلى ذلك فمتى علمنا الزوايا الحادثة بين خطوط ساعات البسيطة الافقية ونصف نهارها أو الابعاد التى تقطع عليها تلك الخطوط معدل النهار باعتبارها من النقطة (ح) أمكننا ان نرسم البسيطة وتترجح الطريقة الاولى فانها لا تستلزم الا رسم زوايا بخلاف الثانية فانها تستلزم قياس ابعاد مختلفة

(فى كيفية حساب أبعاد معدل النهار وزوايا الساعات)

(٤٩) اذا اعتبرنا المثلث (د ح ع) قائم الزاوية (شكل ٢٠) نجد فيه أن

د ح = ح ع مماس (ه)

وفى المثلث (ح ب ع)

ح ع = ب ح جيب (ع)

(بفرض ع عرض البلد) فبابدال كمية ح ع بما يساويها يحدث

ى ح = ب ح مماس (ﻫ) جيب (ع) (١)

فبواسطة هذا القانون يمكن تعيين جميع الابعاد المقابلة لخطوط الساعات ولخطوط ارباع الساعات فلاجل تعيين خطوط الساعات يلزم ابدال الزاوية (ﻫ) بالاعداد ١٥° و ٣٠° و ٤٥° و ...... وهكذا ولاجل تعيين خطوط ارباع الساعات تبدل بالاعداد ٤٥َ و٣° و ٣٥َ و٧° و ١٥َ و١١° وهلم جرّا

ثم لاجل معرفة الزاوية (ﻫَ) نلاحظ أن المثلث القائم الزاوية (ى ح ب) فيه

ى ح = ب ح مماس (ﻫَ)

وبالمقارنة بالمعادلة (١) يحدث

مماس (ﻫَ) = مماس (ﻫ) جيب (ع) (٢)

فبواسطة هذا القانون يمكن استخراج الزاوية (ﻫَ)

وقد حسبنا بواسطة القانونين (١) و (٢) الابعاد والزاوية المقابلة لارباع الساعات بالنسبة للاستانة العالية التى عرضها ١٦ً و٠َ و٤١° وحررنا بها الجدول الآتى ولكن فرضنا فى الحساب ان البعد بين مركز البسيطة الافقية ومعدّل نهارها يساوى واحدا أعنى أن (ب ح = ١) فاذا أعطى لهذا البعد مقدار اخر فى أثناء العمل سواء كان بالاصابع أو بالاذرع يلزم ضرب الاعداد الموضوعة فى خانة (ابعاد معدل النهار) فى ذلك المقدار

قبل

قبل الزوال		بعد الزوال		ابعاد معدل النهار	زوايا خطوط الساعات		
دقيقه	ساعه	دقيقه	ساعه	يعنى د ح	يعنى هـ		
					″	′	°
٠٠	١٢	٠٠	٠	٠٫٠٠٠٠٠	٠٠	٠٠	٠
٤٥	١١	١٥	٠	٠٫٠٤٣٠٠	٤٥	٢٧	٢
٣٠	١١	٣٠	٠	٠٫٠٨٦٣٨	١٧	٥٦	٤
١٥	١١	٤٥	٠	٠٫١٣٠٦٠	٥	٢٦	٧
٠٠	١١	٠٠	١	٠٫١٧٥٨١	١٥	٥٨	٩
٤٥	١٠	١٥	١	٠٫٢٢٢٧٢	٢٥	٣٣	١٢
٣٠	١٠	٣٠	١	٠٫٢٧١٧٧	١٥	١٢	١٥
١٥	١٠	٤٥	١	٠٫٣٢٣٥٦	٤٥	٥٥	١٧
٠٠	١٠	٠٠	٢	٠٫٣٧٨٨١	٥٠	٤٤	٢٠
٤٥	٩	١٥	٢	٠٫٤٣٨٤٠	٢٣	٤٠	٢٣
٣٠	٩	٣٠	٢	٠٫٥٠٣٤٦	٢٤	٤٣	٢٦
١٥	٩	٤٥	٢	٠٫٥٧٥٤٠	٥٥	٥٤	٢٩
٠٠	٩	٠٠	٣	٠٫٦٥٦١٢	١٣	١٦	٣٣
٤٥	٨	١٥	٣	٠٫٧٤٨١٦	٨	٤٨	٣٦
٣٠	٨	٣٠	٣	٠٫٨٥٥٠٧	٥٥	٣١	٤٠
١٥	٨	٤٥	٣	٠٫٩٨١٩٥	٤٠	٢٨	٤٤
٠٠	٨	٠٠	٤	١٫١٣٣٧٠	١٥	٣٩	٤٨
٤٥	٧	١٥	٤	١٫٣٣٠٥٠	١٥	٤	٥٣
٣٠	٧	٣٠	٤	١٫٥٨٤٠٠	٥	٤٤	٥٧
١٥	٧	٤٥	٤	١٫٩٣٢٩٠	٤٠	٤٨	٦٢
٠٠	٧	٠٠	٥	٢٫٤٤٨٥٠	٥	٤٧	٦٧
٤٥	٦	١٥	٥	٣٫٢٩٨٥٠	٥	٨	٧٣
٣٠	٦	٣٠	٥	٤٫٩٨٣٧٠	١٥	٣٩	٨٧
١٥	٦	٤٥	٥	١٠٫٠١٠٤٠	٤٥	١٧	٨٤
٠٠	٦	٠٠	٦	٠٠٫٠٠٠٠٠	٠٠	٠٠	٩٠

الفصل الثانى

(فى البسائط العمودية)

(٥٠) البسائط العمودية هى التى ترسم على سطوح رأسية ولهذه السطوح بالنسبة لسطح نصف نهار المحل ثلاثة أوضاع لانها اما ان تكون عمودية عليه أوموازية له أومتقاطعة معه على زاوية حادة وسنبحث عن انشاء البسائط العمودية بالنسبة لكل وضع

من هذه الاوضاع ولتمييز بعضها من بعض سميناها على الترتيب المذكور بالسطح الرأسى الاول والسطح الرأسى الثانى والسطح الرأسى الثالث

(فى بيان بسيطة السطح الرأسى الاول)

(٥١) اذا كان السطح المراد انشاء البسيطة عليه عموديا على سطح نصف النهار فلا شك ان اتجاهه يكون نفس اتجاه خط الشرق والغرب ويكون خط نصف نهار البسيطة هو الخط الرأسى النازل من مركزها وبذلك يسهل رسمه لانا لوفرضنا خطا مستقيما موضوعا على سطح البسيطة ومتجها على اتجاه محور العالم يكون هذا الخط عبارة عن مرقم البسيطة واذا امتد هذا المرقم فلا ريب انه يلاقى السطح الافقى الراكز عليه سطح البسيطة العمودية وحيث ان السطح المار بهذا المرقم عموديا على الافق هو نفس سطح نصف النهار فأثره الرأسى وأثره الافقى يتحدان فى خط واحد عمودى على خط الارض فيحدث مثلث قائم الزاوية قاعدته الخط المذكور وهو عبارة عن خط نصف نهار البسيطة الافقية وارتفاعه خط نصف نهار البسيطة العمودية ووتره المرقم المفروض

ولما كانت الزاوية الحادثة بين هذا الوتر ونصف النهار الافقى عبارة عن عرض البلد كانت الزاوية الحادثة بين المرقم المذكور ونصف نهار البسيطة العمودية عبارة عن (90° ـ العرض) أعنى انها مساوية لتمام العرض المذكور

وبالجملة فالخط الرأسى النازل من أية نقطة جعلت مركزا فى السطح العمودى يكون نصف نهار البسيطة العمودية وكل خط يرسم من ذلك المركز موازيا لمحور العالم وصانعا مع نصف النهار المذكور زاوية مساوية لتمام عرض البلد يكون مرقمها

هذا وأما سائر التفصيلات اللازمة لاتمام البسيطة فهى نفس التفصيلات التى تقدمت فى البسيطة الافقية كما سنبينه فيما يأتى

(فى كيفية رسم بسيطة السطح الاول الرأسى)

(٥٢) لنعتبر مركز البسيطة نقطة (م) من سطح عمودى على الافق وعلى سطح نصف نهار المحل (شكل ٢١) ولننزل منها الخط الرأسى (م ن) فيكون هذا الخط نصف نهار البسيطة المطلوبة ثم نرسم خط (م ب) بحيث يصنع مع نصف النهار

المذكور

المذكور زاوية مساوية لتمام عرض البلد فيكون هو المرقم ولندوّره حول (م ن) حتى ينطبق على سطح البسيطة

واذ كان كل سطح يرسم عموديا على المرقم يدل على سطح الاستواء وأثره يدل على معدل النهار فاذا أخذنا نقطةمّا ولتكن (ب) على المرقم ورسمنا منها خط (ب ن) عمودا عليه فانه يقطع نصف النهار فى (ن) بحيث لو رسمنا من هذه النقطة خط (ك كَ) عمودا على نصف النهار المذكور فيكون هو معدّل النهار ويكفى لاتمام البسيطة بعد ذلك أن نجرى على ما ذكرناه سابقا فى البسيطة الافقية بمعنى أننا نجعل نقطة (ن) مركزا ونرسم القوس (ب بَ) لكى ننقل النقطة (ب) الى (بَ) ثم من هذه النقطة نرسم دائرة البسيطة الاستوائية ونقسم محيطها الى اثنى عشر قسما ونصل بخطوط مستقيمة المركز (بَ) بنقط التقاسيم ونمد تلك الخطوط الى أن تلاقى معدل النهار (ك كَ) فى نقط نوصلها الى مركز البسيطة العمودية (م) فتحدث خطوط ساعاتها

هذا ولتعيين الخطوط المجاورة لخط الساعه ٦ يلزم اتباع الطرق التى ذكرناها فى المادة (٤٥) وما يليها من المواد

واذا أريد استعمال شاخص أولوحة منقوبة بدلا من المرقم فتؤخذ نقطة على المرقم حيثما اتفق ولتكن (ب) وينزل منها على سطح البسيطة العمود (ب بً)فيكون هو طول الشاخص المطلوب

واذا اريد وضع لوحة منقوبة على هذا الشاخص فالطول المذكور يكون عبارة عن البعدبين مركز الثقب والنقطة(بً)التى هى موقع العمود المذكور وحيث ان الساعات لا تعرف الا بمرور ظل رأس هذا الشاخص على خطوط الساعات أو بمرور الضوء المار بثقب اللوحة فيلزم منعا لوقوع الظل أوالضوء المذكورين خارج سطح البسيطة انتخاب أطوال خطوط الساعات بحيث تكون مناسبة لطول الشاخص (ب بً) أوطول الشاخص المذكور بالنسبة لاطوال تلك الخطوط كجعله مثلا مساويا لطول الخط(هـ هـَ)

(فى كيفية بيان الساعات القريبة من طلوع الشمس وغروبها)

(٥٣) ان البسيطة المذكورة قد انشئت على وجه السطح الرأسى الاول المتجه الى

الجنوب مع ان الشمس بعد طلوعها كل يوم بمدة فى فصلى الربيع والصيف وقبل غروبها بتلك المدة توجد فى جهة السطح المذكور المتجه الى الشمال وبذلك فى مدة الفصلين المذكورين وفى كل صباح ومساء تكون الجهة المذكورة من السطح الرأسى مضيئة والجهة المرسوم عليها البسيطة مظلمة ولا يمكن وقتئذ تعيين الساعات بالبسيطة المفروضة فلاتمام هذا النقصان نلاحظ أننا لو فرضنا أن (د ح) يكون المقطع الرأسى لسطح البسيطة (شكل ٢٢) فاذا كان الخط (ب م) هو المرقم الموضوع فى الجهة الجنوبية فبامتداده الى الجهة الشمالية يكون (مَ بَ) هو مرقم بسيطة أخرى فى الجهة المذكورة و (مَ) يكون مركزها فبرسم هذه البسيطة الثانية يزول القصور المذكور وليلاحظ أن رأس مرقم البسيطة الجنوبية متجه الى جهة الارض ومرقم البسيطة الشمالية متجه الى جهة السماء وكل منهما على استقامة الآخر ويمكن أن لايكونا على استقامة واحدة بشرط أن يكونا متوازيين

فبالكيفية السابق ذكرها يمكن فى أيام فصلى الخريف والصيف استعمال البسيطة الشمالية بعد طلوع الشمس وقبل غروبها والبسيطة الجنوبية فى الاوقات القريبة من الزوال وأما مدة وقوع أشعة الشمس على أحد الوجهين المذكورين فتختلف بالنسبة لعرض البلاد ولميل الشمس

ولبيان ذلك نفرض (ع عَ) خط الاستواء (شكل ٢٣) و (ں ںَ) خط القطبين والدائرة (عَ ع ں) نصف نهار المحل فاذا فرضنا بعد ذلك أن هذا المحل هو الاستانة العلية ورسمنا زاوية (ں هـ ع) مساوية ٤١° ٠َ ١٦ً يكون خط (ح حَ) أفق الاستانة والعمود (ب هـ) النازل عليه يكون السطح الرأسى الاول الذى أنشأنا عليه البسيطة ومن المعلوم أن الشمس ترسم كل يوم دائرة وجميع تلك الدوائر على جهتى خط الاستواء الشمالية والجنوبية مابين المدارين (١٢ و ١٢) و (ددَ) فالدوائر التى ترسمها فى مدتى الربيع والصيف تنقسم اجزاؤها العليا أى التى فوق الافق بالسطح الرأسى الاول (ب هـ) كما يظهر من الشكل الى قسمين متى وجدت الشمس على أحدهما تكون جهة السطح الرأسى (ب هـ) المقابلة لها مضيئة وفى هذه المدة تكون الجهة الاخرى مظلمة وتختلف هذه المدة باختلاف بعد (ب هـ) عن (هـ عَ) أعنى بتناقص عرض البلد أو بتزايده وكذلك تختلف باختلاف ميل الشمس اذ باختلاف الميول تختلف اجزاء الدوائر التى يفصلها السطح (ب هـ) ويرى أن

اعظم

أعظم اضاءة البسيطة المنشأة فى الجهة الشمالية تكون يوم وجود الشمس فى الانقلاب الصيفى وبعده تتناقص حتى تجىء الشمس فى سطح الاستواء فتتلاشى المدة وتنعدم وبعد ذلك لا يرى وجه البسيطة الشمالية شعاع الشمس مدة ستة أشهر فتستعمل البسيطة المنشأة فى الجهة الجنوبية

هذا واذا اريد معرفة أعظم مدة تقع فيها أشعة الشمس على سطح البسيطة بالنسبة لمحل معلوم من الجهة الشمالية يكفى تعيين مدة أطول نهار فى المحل المذكور بالطريقة المذكورة فى علم الهيئة وهى أن ندور دائرة الانقلاب الصيفى حول الخط (١٢ و ١٢) حتى تنطبق على سطح نصف النهار

ولاجل ذلك يلزم أن نرسم من نقطة (م) دائرة بنصف قطر مساو للبعد (م ١٢) فتكون هى الدائرة المذكورة ثم نقسم محيطها الى أربع وعشرين جزأ ونضع أرقاما بالابتداء من خط الزوال فالسطح الرأسى يفصل من هذا المحيط قسمين عند النقطة (ل) على الافق وهذان القسمان هما (ح ل) و (ل ١٢) فبعد طلوع الشمس فى المدة اللازمة لسيرها على (ح ل) تكون جهة السطح (ب هـ) الشمالية مضيئة وفى مدة سيرها على (ل ١٢) تكون جهته الجنوبية هى المضيئة ويكون الامر كذلك بعد الزوال أيضا فمن اللازم اذن معرفة المدة التى تسير فيها الشمس على (ح ل)

لنرسم من (ح) و (ل) خطين موازيين للخط (ن نَ) فتحدث أربع نقط على الدائرة التى دورناها اثنتان منها ناشئتان عن الخط المرسوم من (ح) وهما تدلان على وقت طلوع الشمس وغروبها والنقطتان الاخريان ناشئتان عن الخط المرسوم من (ل) وهما تدلان على الوقت الذى يبتدئ فيه الوجه الشمالى للسطح (ب هـ) فى الاخذ فى أن يكون مضيئا أو مظلما فبالنسبة للاستانة العالية يوجد فى اليوم المذكور أربع ساعات واثنتان وثلاثون دقيقة لوقت طلوع الشمس و ٧ ساعات و ٥٠ دقيقة لوقت دخول الشمس الى جهة سطح البسيطة الجنوبية فبطرح أحد هذين العددين من الآخر نجد ٣ ساعات و ١٨ دقيقة ففى اليوم المعتبر فى هذه المدة بعد طلوع الشمس وفى المدة نفسها قبل غروبها تكون البسيطة التى فى الجهة الشمالية مضيئة بأشعة الشمس وكذلك تكون الجهة الجنوبية مضيئة قبل الزوال وبعده بمدة ٨ ساعات و ٢٠ دقيقه لان الشمس كانت تحت الافق فى اليوم المذكور مدة ٩ ساعات و ٤ دقائق وحيث أنها

تكون على الافق من جهة البسيطة الشمالية مرتين فى كل مرة مدة ٣ ساعات و ٣٦ دقيقه فتكون فى المرتين مدة ٦ ساعات و٣٦ دقيقه وبالجمع نجد ٤ , ٩ + ٣٦ , ٦ = ٤٠ , ١٥ وبطرح هذا العدد من ٢٤ نجد العدد المذكور ٨ ساعات و ٢٠ دقيقه

فينتج مما سبق انه لمعرفة الزمن المذكور لاى يوم من الفصلين السابق ذكرهما يلزم رسم الدائرة اليومية المقابلة لذلك اليوم وتدويرها بالكيفية المتقدمة ثم تعيين أوقات طلوع الشمس وغروبها وأوقات مرور الشمس من جهة الى جهة اخرى من سطح البسيطة

(فى رسم البسيطة المذكورة بواسطة الحساب)

(٥٤) ليكن (م) (شكل ٢٤) مركز البسيطة العمودية و (م ح) مرتقها و (ب) مركز البسيطة الاستوائية و (ب ں) و (ب د) خطين من خطوط ساعات البسيطة الاستوائية و (ل ى) معدل النهار الموازى للافق فاذا فرضنا (م ں) نصف نهار البسيطة العمودية يمكن بواسطة القوانين الآتية استخراج الزاوية (هـَ) التى هى زاوية خطوط ساعات البسيطة العمودية والخط (ں د) الذى هو بعد معدل النهار

ففى المثلث (ب ں د) قائم الزاوية ں لنا

ں د = ب ں مماس هـ

وفى المثلث (م ب ں) قائم الزاوية ب لنا

ب ں = م ں جيب تمام العرض = م ں تمام جيب العرض

وبابدال ب ں بهذه القيمة فى المعادلة الاولى نجد

ں د = م ں تمام جيب العرض مماس هـ (ر)

ومنها $\frac{\text{ں د}}{\text{م ں}}$ = تمام جيب العرض مماس هـ

ثم فى المثلث (م ں د) قائم الزاوية ں لنا

$\frac{\text{ں د}}{\text{م ں}}$ = مماس هـَ

فبمقارنة هاتين المعادلتين يحدث

مماس هـَ = تمام جيب العرض مماس هـ (ص)

فاذا وضعنا فى القانون (ر) ١٥° ثم ٣٠° وهكذا الى ٩٠° بدلا من زاوية (هـ) وفرضنا أن (م ں) يساوى واحدا يمكن تعيين ابعاد معدل النهار (ں د) و (ں ى)

. . . وهكذا ويأخذ أبعاد مساوية لهذه الابعاد على يمين وشمال النقطة (ن) تحدث نقط اذا وصلنا منها الى المركز (م) نجد خطوط ساعات البسيطة

ويمكن أيضا استخراج زوايا خطوط الساعات (هـَ) بواسطة القانون (ص) ثم نرسم خطوطا من نقطة (م) تصنع مع نصف النهار زوايا مساوية لتلك الزوايا المذكورة فتكون هذه الخطوط هى خطوط ساعات البسيطة المفروضة

ولكن هذه الطريقة الاخيرة أصعب من الطريقة الاولى فلذلك ترجحت الاولى عليها

(فى كيفية رسم بسيطة السطح الثانى الرأسى)

(٥٥) حيث ان السطح الرأسى الثانى هو عبارة عن نصف نهار المحل فالبسيطة التى ترسم عليه تسمى ببسيطة نصف النهار أيضا ولكون انشاء هذه البسيطة يستلزم معرفة وضع المرقم ورسم نصف النهار ينبغى لنا أن نبدأ بالكلام عليهما فنقول

لنفرض حائطا رأسيا مثل (ف ك) (شكل ٢٥) منطبقا على سطح نصف النهار فلكون مرقم البسيطة التى ترسم على أىّ جهة من هذا الحائط يلزم أن يكون موازيا له فينبغى أن يكون المرقم موضوعا خارج سطح الحائط لانه اذا كان منطبقا على السطح المذكور لايمكن أن يحدث ظلا ولمعرفة كيفية وضع هذا المرقم نفرضه معلوما ونفرض أن يرسم من احدى نقطه خط مواز للافق فهذا الخط يصنع ضرورة مع المرقم زاوية مساوية لعرض البلد

وينتج من ذلك أن اتجاه المرقم هو نفس اتجاه خط القطبين فلتكن (م) نقطة ما على سطح الحائط (ف ك) ولنرسم خط (م ن) موازيا للافق وخط (ء ح) بحيث يصنع مع (م ن) زاوية مساوية لعرض البلد فهذا الخط (ء ح) يكون المسقط الرأسى للمرقم الذى يلزم وضعه خارجا عن الحائط فاذا فرضنا مستطيلا مثل (ء هـ ب ح) عموديا على السطح (ف ك) بحيث ينطبق أحد أضلاعه على الخط (ء ح) يكون ضلعه الآخر (هـ ب) هو مرقم البسيطة

وأما خط زوالها أعنى نصف نهارها فحيث انه عبارة عن ظل المرقم (هـ ب) وقت الزوال فلا يمكن رسمه على سطح البسيطة لأن الشمس فى وقت الزوال توجد على قبة السماء فى اتجاه السطح (ف ك) بحيث يقع ظل المستطيل (هـ ء ح ب) على الافق فى (هـَ ءَ حَ بَ) مثلا فيكون حينئذ ظل المرقم (ب هـ) هو (بَ هـَ) أعنى أنه

يكون واقعا على الافق خارجا عن سطح البسيطة فلهذا السبب لا يمكن استعمال هذه البسيطة قبل الزوال بساعة واحدة ولا بعده كذلك أى لا يمكن استعمالها مدة ساعتين اثنتين الا بوجه التقريب

وحيث انه يوجد بين سطح الساعة السادسة وبين سطح الساعة الثانية عشرة زاوية قيمتها تسعون درجة أعنى أن السطحين المذكورين أحدهما عمودى على الآخر وأن سطح الساعة الثانية عشرة هو نفس سطح الزوال وقد فرضناه فى (ف كَ) فحينئذ يكون سطح الساعة السادسة هو سطح المستطيل (د هـ ب ح) المفروض عموديا على السطح الاول ويكون اذن الخط (د ح) هو خط الساعة ٦ الذى يلزم رسمه على البسيطة المذكورة

(فى رسم نصف نهار البسيطة المذكورة)

(٥٦) لرسم البسيطة المذكورة يلزم ابتداء أن يرسم سطح عمودى على المرقم فيكون هو سطح الاستواء ويكون الفصل (ع عَ) (شكل ٢٥) المشترك بينه وبين سطح البسيطة هو معدل النهار والنقطة (ص) التى هى نقطة تلاقى المرقم بسطح الاستواء تكون مركز البسيطة الاستوائية فاذا أجرى تدوير سطح الاستواء حول معدل النهار (ع عَ) الى أن ينطبق على السطح (ف ك) ينطبق المركز (ص) على النقطة (صَ) الكائنة على خط الساعة ٦ فلهذا يمكن ايجاد المطلوب بكل سهولة بالطريقة الآتى ذكرها

وهى أن يقال لنفرض (ع عَ) (شكل ٢٦) معدل النهار و (د ح) مسقط مرقم البسيطة أعنى خط الساعة ٦ فلاجل تدوير البسيطة الاستوائية أى سطح الاستواء حول معدل النهار (ع عَ) نأخذ على خط الساعة ٦ بعد (م صَ) يساوى البعد الموجود بين المرقم وبين سطح الحائط المفروض وبذلك نكون قد عينا النقطة (ص) التى هى مركز البسيطة الاستوائية فاذا رسمنا من هذا المركز نصف دائرة بأى نصف قطر كان نكون قد طبقنا البسيطة الاستوائية على بسيطتنا المفروضة وبعد ذلك اذا قسمنا نصف الدائرة الى اثنى عشر قسما ثم وصلنا من نقط التقاسيم الى المركز (صَ) بخطوط مستقيمة ثم مددنا هذه الخطوط الى أن تقطع معدل النهار (ع عَ) تكون كل نقطة من نقط التقاطع المذكورة نقطة من الاثر الرأسى لسطح سويعى وحيث ان كل أثر رأسى من آثار السطوح السويعية مواز للخط (د ح) كما هو معلوم فى علم الهندسة

الوصفيــة فاذا رسمنا من نقط التقاطع المذكورة خطوطا موازية للخط (ء ح) تكون
هذه الخطوط هى خطوط الساعات المطلوبة
وأما الارقام المقابلة لهـذه الخطوط فتوضع على حسب حركة الشمس وبالابتداء من
خط الساعـة ٦ مثـل (٧ و ٨ و . . . وهكذا) كما ترى فى الشكل لان الشمس من
وقت طلوعهـا الى وقت الزوال تكون من جهـة سطح نصف النهار الشمالية ومن
وقت الزوال الى الغروب تكون فى جهته الغربية
هذا والبسـيطة التى رسمناها هنا هى التى رسمت للجهة الشرقيـة فيمكن استعمالها من
وقت الطلوع الى وقت الزوال وان أريد استعمالها من وقت الزوال الى وقت الغروب
يلزم انشاء واحدة أخرى فى الجهة الغربية

(فى بيان السطح الثالث الرأسى)

(٥٧) أكثر مايكون رسم البسائط العمودية على سـطوح رأسـية غير السطح الرأسى
الاوّل والسطح الرأسى الثانى أى غـير سطح نصف النهار والسطح العمودى عليـه بل
يكون سطحا رأسيا واقعـا مابين هذين السطحين بحيث يصنع مع السطح الرأسى الاوّل
زاوية مّا والبسيطة التى يراد رسمها عليه يمكن تولدها من البسـيطة الافقية كالبسيطة
التى ترسم على السطح الرأسى الاوّل ولكون السطح المذكور يقطع السـطح الرأسى
الاوّل على زاوية مّا فالبسـيطة التى ترسم عليه تسمى بالبسـيطة المنحرفة فان كانت
متجهة الى جهة الغرب بحيث ان مدّة استضاءتها بأشعة الشمس قبـل الزوال تكون
أقل من مدّة استضاءتها بها بعده يقال ان انحراف البسـيطة غربى (كما هو مرسوم
فى شكل المادة ٢٨) وان كانت متجهـة الى جهـة الشرق يقال ان انحرافهـا شرقى
والانحراف المذكور مابين السطحين يعلم بأخـذ نقطة على خط تقاطعهما ورسم خطين
عمودين على الخط المذكور بحيث يكون كل عمود فى أحـد السطحين فزاوية العمودين
تكون عبارة عن الانحراف المذكور وسنذكر قريبا كيفية تعيين هذه الزاوية
هذا ورسم البسيطة المنحرفة بالقواعد الهندسـية يكون بطريقتين ولنذكرهما لك على
التوالى مفصلتين كل منهما على حدة

(فى الطريقة الاولى لرسم البسيطة المنحرفة)

(٥٨) ليكن (ب ح ء هـ) (شكل ٢٧) السطح العمودى المراد انشاء البسيطة العمودية
عليـه ولنفرض انحرافه غربيا ولتكن (م) نقطة مّا عليـه فاذا رسمنا الخط الرأسى

(م مَ) من النقطة المذكورة يكون هذا الخط هو الفصل المشترك بين السطح المفروض و بين سطح نصف النهار وحيث ان هذا الفصل المشترك عبارة عن نصف نهار البسيطة المرسومة على السطح الرأسى الاول فالخط (م مَ) هو اذن خط زوال البسيطة المنحرفة أى نصف نهارها فاذا رسمنا من نقطة (م) فى سطح نصف النهار خطا مستقيما بحيث يصنع مع (م مَ) زاوية مساوية لعرض البلد يكون هذا الخط هو مرقم البسيطة ولنرسم سطحا أفقيا بحيث يقطع سطح البسيطة ومرقها وليكن (ك كَ) أثره الرأسى فيوجد على هذا السطح خط نصف نهار يمر بنقطة (ل) التى على (م مَ) ويحتوى على الاثر الافقى لمرقم البسيطة العمودية ثم على مركز البسيطة الافقية التى يفرض رسمها على السطح المذكور فاذا دورنا هذا السطح حول أثره الرأسى (ك كَ) بحيث ينطبق على السطح الرأسى (ب ح ى هـ) يمكننا تعيين وضع خط نصف النهار الافقى ثم الفصل المشترك بين السطح المذكور والسطح الرأسى الاول ثم الاثر الافقى لمرقم البسيطة العمودية ثم مركز البسيطة الافقية وبعد ذلك ترسم بسيطة أفقية بموجب ماتقدم فى المادة ٤٤ فخطوط ساعاتها تقطع الخط (ك كَ) فى نقط لاتتحرك حينما يحصل استرجاع السطح الافقى الى محله الاصلى فاذا وصلنا من هذه النقط الى المركز (م) بمستقيمات نكون قد حصلنا على خطوط ساعات البسيطة المنحرفة

ولبيان ذلك نقول حيث اننا فرضنا البسيطة على السطح (ب ح ى هـ) ونصف نهارها عند (م مَ) وفرضنا ان السطح الرأسى الاول المار بنصف النهار (م مَ) مائل على السطح المذكور وهذا الميل اما أن يكون غربيا أو شرقيا وهو غربى فى الشكل المفروض فيمكن فرض انه السطح الرأسى هذا (بَ حَ ىَ هـَ) وفى هذه الحالة السطح الافقى المار بالخط (ك كَ) يقطع السطحين المذكورين على مستقيمين يصنعان بينهما زاوية مساوية لانحراف هذين السطحين فعندماندوّر السطح الافقى حول أثره (ك كَ) حتى ينطبق على (ب ح ى هـ) يمر الفصل المشترك بينه و بين السطح الرأسى الاول (بَ حَ ىَ هـَ) بالنقطة (ل) ويصنع مع (ك كَ) زاوية مساوية للانحراف المذكور

ليكن (ع عَ) هذا الفصل المشترك فاذا أقمنا (ل صَ) عمودا على (ع عَ) من النقطة (ل) يكون هذا العمود بمقتضى ما قلنا فى المادة (٥١) هو نصف نهار البسيطة الافقية التى ترسم على السطح الافقى المار بالخط (ك كَ) وحيث ان الزاوية التى

بين الفصلين المشتركين (ك كَ) و (ع عَ) وهى زاوية الانحراف مساوية للزاوية الحادثة ما بين نصفى النهار (ل صَ) و (ل سَ) فلايجاد نصف نهار البسيطة الافقية يكفى أن يرسم مستقيم مثل (ل صَ) بحيث يصنع مع نصف نهار البسيطة العمودية زاوية مساوية لزاوية الانحراف المفروض ولكن يلزم فى ذلك التنبه الى كون الانحراف المذكور غربيا أوشرقيا فان كان غربيا يرسم الخط (ل صَ) على يمين نصف النهار (ل سَ) كما هو فى الشكل وان كان شرقيا يرسم على يساره

ثم بعد تعيين نصف النهار هذا بالطريقة المذكورة يلزم تعيين الاثر الافقى للمرقم الذى قلنا بوجوده على نصف النهار المذكور ولاجل ذلك يدوّر سطح نصف النهار حول الخط (س سَ) حتى ينطبق على سطح المستوى (ب د) وحيث ان ذلك المرقم يصنع مع (س سَ) زاوية مساوية لعرض البلد فيرسم خط (م ص) بحيث يصنع مع (س سَ) الزاوية المذكورة يكون (م ص) المذكور هو موضع المرقم على السطح (ب د) بعد التدوير وتكون نقطة (ص) هى موضع الاثر الافقى المطلوب وبعد ذلك اذا نقلت هذه النقطة على نصف النهار (ل صَ) بواسطة القوس (ص صَ) المرسوم من نقطة (ل) تكون نقطة (صَ) هى نفس الاثر المذكور وهى أيضا مركز البسيطة الافقية التى يمكن رسمها بالنسبة لذلك المرقم

ولنرسم من نقطة (ل) العمود (ل ن) على موضع المرقم (م ص) فيدل هذا العمود على سطح الاستواء وتكون نقطة (ن) مركزا للبسيطة الاستوائية بحيث لو رسمنا من (ل) القوس (ن نَ) تكون نقطة (نَ) هى موضع مركز البسيطة الاستوائية على السطح الافقى ويكون الخط (ع عَ) هو الفصل المشترك بين سطح الاستواء وبين السطح الرأسى الاوّل أى يكون هو معدّل النهار

وحيث وجدنا بالتدوير السابق ذكره مركزا لبسيطة أفقية بالنسبة للمرقم المفروض ومركزا لبسيطة استوائية ومعدّل نهار فلاجل رسم البسيطة الافقية المطلوبة نجعل نقطة (نَ) مركزا ونرسم نصف دائرة بنصف قطر ما ونقسم المحيط الى اثنى عشر جزأ ونصل من نقط التقاسيم الى المركز المذكور بخطوط مستقيمة فتكون هى خطوط ساعات البسيطة الاستوائية وبامتدادها الى معدّل النهار (ع عَ) والوصل من نقط التلاقى الى مركز البسيطة الافقية (صَ) بخطوط مستقيمة وامتدادها الى أن تقطع الخط (ك كَ) الذى لايتغير وضعه وقت التدوير المتقدّم ذكره ثم بالوصل من هذه

النقط الى مركز البسيطة العمودية (م) نجد خطوط ساعات البسيطة المذكورة أى البسيطة المنحرفة وهو المطلوب .

(فى الطريقة الثانية لرسم البسيطة المنحرفة)

(٥٩) اذا أريد انشاء بسيطة منحرفة فى محل مثل الاستانة العلية على سطح حائط بغير الطريقة الاولى يلاحظ أنه يوجد على سطح الكرة الارضية نقطة أخرى غير الاستانة العلية بحيث يكون أفق تلك النقطة موازيا لسطح الحائط المراد انشاء البسيطة عليه فاذا فرضت بسيطة على ذلك الافق فيكون نصف نهارها فى الواقع عبارة عن المسقط الرأسى لمرقم البسيطة العمودية المطلوبة بحيث اذا عينا المسقط الرأسى المذكور بالنظر لنصف نهار البسيطة الافقية المفروضة فى تلك النقطة ورسمنا بسيطة أفقية على سطح الحائط المفروض نكون قد أنشأنا البسيطة المطلوبة ولكن يراعى فى تقسيم محيط الدائرة الاستوائية أن يؤخذ نصف نهار البسيطة المطلوبة مبدأ للتقسيم . وحيث ان المسقط الرأسى المذكور هو فى الحقيقة نصف نهار البسيطة التى ترسم على السطح الرأسى الاول للمحل المفروض يمكن تعيينه بهذا الفرض أيضا هذا والمسقط الرأسى للمرقم على سطح البسيطة يسمى فى فن البسائط بما تحت المرقم

ليكن (ں ںَ) (شكل ٢٨) نصف نهار البسيطة العمودية ولنفرض مرقمها موضوعا فى مركزها (م) فلتعيين ماتحت المرقم ندور المرقم نفسه حول نصف النهار (ں ںَ) حتى ينطبق على سطح البسيطة ولاجل ذلك يكفى رسم الزاوية (حَ م ںَ) بحيث تساوى تمام عرض البلد فيكون خط (م حَ) هو موضع المرقم على سطح البسيطة وليكن (ں حَ) الفصل المشترك بين سطح البسيطة وسطح الافق فبتدوير هذا السطح الاخير حول الخط (ں حَ) حتى ينطبق على سطح البسيطة يمكن ايجاد نصف نهار البسيطة الافقية وذلك بملاحظة أن نصف النهار المذكور بمقتضى ماتقدم يصنع مع (ں ںَ) زاوية مساوية لانحراف السطح وحيث ان سطح البسيطة فى شكلنا المفروض متجه الى الجهة الشرقية فالخط الذى يصنع مع (ں ںَ) زاوية الانحراف يكون على غربى (ں ںَ) المذكور وليكن (هـ ح) هذا الخط فهو اذن نصف نهار البسيطة الافقية واذا أريد تعيين الاثر الافقى للمرقم تنقل النقطة (حَ) الى النقطة (ح) بواسطة قوس دائرة يرسم من المركز (هـ) فتكون نقطة (ح) هى الاثر المطلوب و (حً) هى المسقط الرأسى لهذا الاثر فاذا وصلنا من (حً) الى مركز

البسيطة (م) يكون خط (م حً) هو المسقط الرأسى للمرقم المذكور أى ماتحت المرقم المطلوب ثم اذا أنزل العمود (هـ ب) على موضع المرقم الذى دوّرناه حول نقطة (هـ) أعنى على خط (م حً) يكون هذا العمود هو خط الاستواء والنقطة (ب) مركز البسيطة الاستوائية

واذا أريد معرفة موضع النقطة (ب) بعد استرجاع خط (م حَ) الى موضعه الاصلى أى الموضع (م حً) يلاحظ أنه فى أثناء حركة (م حَ) الى (م حً) تتحرك نقطة (ب) على سطح مواز للافق وبناء عليه اذا رسم خط (ب بَ) موازيا للافق تكون نقطة (بَ) هى موضع (ب) على خط (م حً) وبذلك نكون قد عينا مركز البسيطة الاستوائية على ماتحت المرقم والنقطة (ى) هى المسقط الافقى للمركز المذكور

وحيث انا قد قلنا ان ماتحت المرقم (م ح) هو فى الواقع نصف نهار أفقى لنقطة أخرى على الكرة الارضية فمعدّل النهار الافقى يمرّ بالنقطة (هـ) ويكون عموديا على نصف النهار المذكور أى على (م ح) وعلى ذلك اذا رسمنا من نقطة (هـ) العمود (ع عَ) على (م حً) يكون هذا العمود هو معدّل النهار

ويظهر مما تقدم أنه من المعلوم لدينا أنّ معدّل النهار هو (ع عَ) وهو الاثر الرأسى لسطح الاستواء على سطح البسيطة العمودية والمسقط الرأسى (بَ) لمركز البسيطة الاستوائية الذى هو عبارة عن نقطة تلاقى سطح الاستواء المذكور بما تحت المرقم فاذا دوّرنا سطح الاستواء حول أثره (ع عَ) حتى ينطبق على بسيطتنا العمودية يمكننا ايجاد الموضع الحقيقى للمركز المذكور وبعد ذلك نرسم من هذا المركز بسيطة استوائية ونعين خطوط ساعاتها ونمد الى أن تقطع خط (ع عَ) الذى لم ينتقل من مكانه فى أثناء التدوير ويوصل من نقط التقاطع الى مركز البسيطة العمودية (م) فنكون قد تممنا انشاء البسيطة العمودية المطلوبة

ولاجل تعيين الموضع الحقيقى لمركز البسيطة الاستوائية بتدوير سطح الاستواء حول معدّل النهار (ع عَ) يراعى أن الجزء (م بَ ل) مما تحت المرقم (م حً) هو عبارة عن المسقط الرأسى لمثلث قائم الزاوية وتره (م ل) منطبق على سطح البسيطة وبعد رأس زاويته القائمة عن سطح البسيطة هو (ى ىَ)

وبيان ذلك أنا فرضنا ان خط (ع عَ) هو الاثر الرأسى لسطح الاستواء الملاقى للمرقم

فى نقطة (بَ) فاذا رسم المستقيم (بَ ل) من هـذه النقطة فى السطح المذكور بحيث يكون عموديا على الاثر (ع عَ) يكون الاثر الرأسى لهذا العمود هو نقطة (ل) ويكون المرقم (م بَ) عمودا على هذا العمود لانه عمود على سطح الاستواء المذكور واذا وصـل من تلك النقطـة (ل) الى النقطة (م) التى هى الاثر الرأسى للمرقم يكون الخط الواصـل هو عبارة عن وتر الزاوية القائمـة الحادثة من تلاقى المرقم بالعمود النازل فى سطح الاستواء على أثره (ع عَ) وبالضرورة يكون هـذا الوتر على سطح البسيطة العمودية واذا تخيلنا من نقطة (بَ) مستقيما عموديا على سطح البسيطة يكون هذا العمود موازيا لسطح الافق ويكون طوله الحقيقى هو (ى ىَ) وهذا ما أردنا بيانه ولمعرفة طول (بَ ل) الحقيقى يلزم تدوير المثلث المذكور حول وتره حتى ينطبق على سطح البسيطة ولاجل ذلك نرسم من نقطة (بَ) العمود (بَ بً) على ما تحت المرقم (م حً) ونأخذه مساويا للبعد (ى ىَ) ثم نصل (ل بً) فيكون هو طول(بَ ل)الحقيقى ثم بوصل (م بً) نجد الطول الحقيقى للمرقم وحيث قلنا فيما تقدم ان المرقم عمود على العمود النازل على (ع عَ) وبهذا السبب يلزم ان المستقيمين (م بً)و (ل بً) يكونان متعامدين فالبحث فى الشكل عن صحة عمودية هذين الخطين يكون امتحانا لمعرفة صحة الرسم

هذا وبنقل نقطة (بً) الى نقطة (بً) التى على ما تحت المرقم بواسطة قوس دائرة مرسوم من النقطة (ل) تكون نقطة (بً) هى موضع مركز البسـيطة الاستوائية بعد تدويره حول معـدّل النهار (ع عَ) وبرسم دائرة بنصف قطر ما من هذه النقطة (بً) تكون هذه الدائرة هى محيط البسـيطة الاسـتوائية ثم بوصل (بً هـ) بخط مستقيم وأخذ نقطة تلاقى هذا المستقيم بالمحيط المذكور وهى نقطة الزوال وتقسـيم المحيط الى أربعة وعشرين جزأ بالابتـداء من النقطة المـذكورة والتوصـيل من نقط التقاسيم الى المركز(بً) بخطوط مستقيمة ومدّ هذه الخطوط الى أن تلاقى معدّل النهار (ع عَ) ووصـل نقط التلاقى هذه بمركز البسيطة العمودية (م) نكون قد عينا خطوط ساعات البسـيطة المطلوبة ويثبت المطلوب

(فى تعيين انحراف السطح)

(٦٠) حيث ان الطريقتين المتقدمتـين مبنيتان على معرفة انحراف سطح البسـيطة التزمنا أن نذكر هنا كيفية تعيينه فنقول

لیکن

ليكن (ل ع) (شكل ٢٩) الحائط المراد رسم البسيطة عليه فلاجل تعيين ميله نأخذ نقطة ما (ب) ونرسم منها الخط الرأسي (ب ن) وهو نصف نهار البسيطة ثم نرسم الخط (هـ ح) موازيا للافق ثم نأخذ لوحة ذات سطح مستو ونطبق أحد أضلاعها على هذا الخط (هـ ح) ونجعلها افقية بالضبط فاما أن نضع هذه اللوحة كشاخص عمودى ونرصد ثلاثة من ظلاله غير المتساوية واما ان نرسم عليها نصف النهار الافقى فتكون زاوية الانحراف المطلوبة هى عبارة عن تمام الزاوية التى بين نصف النهار المذكور والخط (هـ ح) فليكن (م د) هو نصف النهار فحينئذ يكون (انحراف السطح = ٩٠ — م د هـ) وأما مساحة الزاوية (م د هـ) فتعلم بواسطة المنقلة بدون أن يحدث خطأ يخل بالمطلوب

واذا علم انحراف البوصلة يمكن معرفة انحراف الحائط أيضا وكذلك يمكن ذلك لو استعملت آلات اخرى

(فى كيفية وضع المرقم المثلثى)

(٦١) اذا أريد استعمال لوحة على صورة مثلث لجعلها مرقما للبسيطة التى نحن بصددها يلزم وضع اللوحة على سطح البسيطة بحيث ينطبق أحد أضلاع المثلث على نصف نهار البسيطة وحينئذ يكون الضلع الاعلى عبارة عن المرقم وتكون الزاوية المحصورة بين هذين الضلعين مساوية لتمام عرض البلد وحيث ان سطح نصف نهار المحل مفروض أنه مائل على سطح البسيطة فيلزم أن يكون سطح المثلث المذكور مائلا أيضا على سطح البسيطة ولكن سطح نصف النهار المذكور ليس بجسم مرئى حتى يعلم مقدار ميله على البسيطة فيعسر اذن وضع اللوحة بالكيفية المذكورة حيث ان وضع سطح عمودى على آخر أسهل من وضعه عليه بانحراف ما فيلزمنا أن نبحث عن طريقة بواسطتها يكون سطح المثلث عموديا على سطح البسيطة فنقول اذا أمعنا النظر الى ما تحت المرقم نرى أننا اذا وضعنا عليه ضلع لوحة مثلثية عمودية على البسيطة بحيث يمر الضلع الآخر من مركز البسيطة ويصنع مع الاول زاوية مساوية للزاوية التى يصنعها ما تحت المرقم مع نفس المرقم نكون قد تحصلنا على المطلوب فينبغى لنا أن نبحث عن الزاوية الحادثة بين المرقم وما تحت المرقم وعن موضع ما تحت المرقم المذكور على سطح البسيطة ويمكن استخراج ذلك من (الشكل ٢٨) بأن يصنع مثلث من خشب قائم الزاوية مشابه للمثلث (هـ ل م) ويوضع وتره

على نصف النهار المرسوم على البسيطة ثم يرسم الضلع (م ل) الذى هوما تحت المرقم ثم تؤخذ مساحة الزاوية (ل م بً) ويوضع هذا المثلث عموديا على سطح البسيطة بحيث ينطبق أحد ضلعى الزاوية المساوية للزاوية (ل م بً) على ماتحت المرقم ويمر الضلع الآخر من نقطة (م) فبذلك نكون قد وضعنا للبسيطة مرقما مثلثيا

(فى بيان أرجحية اللوحة المثقوبة على المرقم المثلثى)

(٦٢) ان وضع المرقم المثلثى بالكيفية المارّ ذكرها صعب جدا فى العمل فلهذا السبب يستحسن استعمال لوحة مثقوبة موضوعة فى مواجهة البسيطة وثابتة عليها بواسطة رجلين أوثلاثة أرجل ولاجل ذلك يلزم مراعاة الامور الخمسة الآتى ذكرها

(فى الامور الخمسة التى تلزم رعايتها عند وضع اللوحة المثقوبة)

(٦٣) أوّلا يجب أن يكون الخيال الضوئى الواقع على سطح البسيطة الحادث من مرور أشعة الشمس من ثقب اللوحة مشابها لهيئة الثقب المذكور ويكفى فى ذلك وضع اللوحة موازية لسطح البسيطة وفى أثناء مدة وقوع أشعة الشمس على البسيطة يلزم أن تمرّ تلك الاشعة من ذلك الثقب وأن تحدث على سطح البسيطة خيالا مضيئا جدا وذلك يتعلق بالبعد الموجود بين اللوحة والبسيطة نعم ان أشعة الشمس عند طلوعها وغروبها تقع ما بين اللوحة والبسيطة فلا تمرّ من الثقب وبالضرورة لاتحدث خيالا على البسيطة ولكن تلك المدة وجيزة جدا بحيث لا يترتب على عدم حدوث الخيال فيها كبير ضرر

(وثانيا) يجب أن يكون الخيال الضوئى الواقع على سطح البسيطة وقت الزوال منقسما بخط نصف النهار الى قسمين متساويين أحدهما على غربى نصف النهار المذكور والآخر على شرقيه

(وثالثا) يلزم أن لايقع الخيال الضوئى خارج البسيطة وذلك منوط بأطوال خطوط الساعات فينبغى جعل سطح البسيطة واسعا أووضع اللوحة على قرب منه بنسبة معلومة وهى ربع عرض البسيطة

(ورابعا) اذا أريد أن يكون الخيال الضوئى على هيئة شبه ظل يلزم جعل قطر الثقب

مساويا

مساو بالجزء واحد من مائة وخمسين جزأ من بعده عن البسيطة كما بينا ذلك فى المادة (٢٤) وما يليها من المواد

(وخامسا) يلزم أن يكون قطر محيط اللوحة بقدر ثلث بعدها عن البسيطة

(فى كيفية الرسم العملى للمنحرفة)

(٦٤) قد ظهر من المادتين (٦١) و (٦٢) رجحان استعمال اللوحة المثقوبة على استعمال المرقم متى روعيت الامور الخمسة المتقدم ذكرها وحيث ان مسئلة تعيين انحراف السطح من المسائل الدقيقة أيضا لم نر بدا من ايضاحها الايضاح الكافى فيمكن الآن بجميع ماتقدم رسم أى بسيطة منحرفة ذات لوحة منقوبة ولكن حيث ان مركز اللوحة المذكورة لم يخرج عن كونه نقطة من نقط مرقم البسيطة المراد انشاؤها فبمراعاة الاجرا آت الآتى ذكرها يسهل العمل المطلوب

(الاول) تعيين مسقط مركز اللوحة المثقوبة على سطح البسيطة وكذلك بعد المسقط من المركز المذكور ويمكن اجراء ذلك بطريقة سهلة وهى أن يلاحظ أنه اذا أخذت نقطة ما (ب) (شكل ٣٠) على السطح المراد انشاء البسيطة عليه وجعلت مركزا ورسم منها دائرة بنصف قطر حيثما اتفق ثم أخذت على محيطها ثلاث نقط مثل (ع) و (ر) و (ص) لتكون مسندا لارجل اللوحة الثلاث المتساوية فى الطول ثم فرض رسم خط مستقيم ما بين مركز اللوحة واحدى نقط محيط الدائرة المذكورة وأدير هذا المستقيم حول مركز اللوحة بشرط تحريك طرفه الآخر على المحيط يحدث مخروط قائم يكون محوره عموديا على سطح البسيطة فى نقطة (ب) وتكون هذه النقطة مسقطا لمركز اللوحة واحدى النقط التى يمر منها ماتحت المرقم فبوصل مركز الدائرة (ب) بمركز اللوحة يحدث المحور المذكور و بقياسه يعلم بعد مركز اللوحة عن مسقطه

(والثانى) رسم نصف النهار على حسب وضع اللوحة المثقوبة ولاجراء ذلك تعين نقطة ما من نقط نصف النهار حيث انه خط رأسى على سطح البسيطة ويكفى فى هذا ان تؤخذ ساعة مضبوطة و بواسطتها يعين مسقط الضوء على سطح البسيطة وقت الزوال ولتكن (د) المسقط المذكور فبرسم خط (م هـ) رأسيا (شكل ٣٠) يكون هو نصف النهار المطلوب

(والثالث) رسم موضع المرقم على البسيطة بعد تدويره وتعيين مركز البسيطة وما تحت مرقمها بالنسبة لموضع اللوحة المثقوبة ولاجراء ذلك يرسم من نقطة (ب) التى قد

تمّ تعيينها فى الشـكل ٣٠ العمود (ب ح) على نصف النهار ويفرض مرور سطح مواز للافق من ذلك العمود فيمر هذا السطح ضرورة من مركز اللوحة المثقوبة فاذا رسم مستقيم على هذا السطح بحيث يمر بالمركز المذكور وبالنقطة (ح) يكون هذا المستقيم وترا لمثلث قائم الزاوية قاعدته (ب ح) وارتفاعه البعد بين مركز اللوحة وبين مسقطه الذى تقدم الكلام عليه ولمعرفة الطول الحقيقى للوتر المذكور يلزم تدوير المثلث حول ضلعه (ب ح) حتى ينطبق على السطح العمودى فلاجل ذلك نقيم العمود (ب ب َ) على (ب ح) ونأخذه مساويا للبعد المركزى ثم نصل (ب َ ح) فيكون هذا الخط هو الموتر المطلوب وحيث ان نقطة (ب َ) على بعد من نقطة (ب) مساو لبعد مركز اللوحة من نقطة (ب) المذكورة تكون نقطة (ب َ) من ضمن نقط مرقم البسيطة وحيث ان سطح المرقم أعنى سطح نصف النهار عبارة عن السطح المار بخط نصف النهار (م هـ) وبوتر المثلث المتقدم ذكره حينما يكون فى وضعه الاصلى فاذا حصل تدوير السطح المذكور حول (م هـ) حتى ينطبق على سطح بسيطتنا يقع مركز اللوحة على خط (ح ل) على بعد من نقطة (ح) مساو للبعد (ح ب َ) وتكون نقطة (ب ً) هى موقع المركز المذكور وحيث ان المرقم يصنع مع الافق زاوية مساوية لعرض البلد أو يصنع مع نصف النهار زاوية مساوية لتمام العرض فاذا رسمنا من نقطة (ب ً) خط (ب ً م) بحيث يصنع مع (ب ً ح) زاوية مساوية لعرض البلد يكون هـذا الخط موضـع المرقم على سطح البسيطة وتكون نقطة (م) مركز البسيطة وأما ما تحت المرقم أعنى مسقطه الرأسى فحيث انه يمر بنقطة (م) وبنقطة (ب) كما تقدم فيكون (م ن) هو ماتحت المرقم المذكور

(والرابع) رسم معدّل النهار ولاجل ذلك يلاحظ أنه اذا أخذت نقطة على المرقم وفرض انها مركز بسيطة استوائية ورسم منها سطح عمودى على المرقم المذكور فالاثر الرأسى لهذا السـطح يكون معـدّل النهار المطلوب ولتكن النقطة المـذكورة مركز اللوحة المثقوبة فيقال حيث ان موضع هذا المركز على سطح البسيطة هو (ب ً) فاذا رسم من هـذه النقطة العمود (ب ً هـ) على المرقم (ب ً م) يكون هذا العمود موضع الاثر الرأسى لسطح الاستواء بعد تطبيقه على البسيطة فاذا حصل استرجاع هذا الخط وكذلك المرقم الى موضعيهما الاصـليين يقال حيث ان النقطة (هـ) التى هى تلاقى سطح الاستواء بخط نصف النهار (م هـ) لاتتحرك فى أثناء هذا التدوير يمكن بواسـطتها رسم

معدل

معدّل النهار بغاية السهولة اذ من المعلوم أن سطح الاستواء عمودى على المرقم فأثره الرأسى يكون عموديا أيضا على مسقط المرقم (م ن) أعنى على ماتحت المرقم وعلى هذا اذا رسم من هذه النقطة العمود (هـ ن) على ماتحت المرقم المذكور (م ن) يكون هذا العمود معدّل النهار المطلوب

(والخامس) معرفة الزاوية المحصورة بين المرقم وماتحت المرقم و يتم ذلك بتدوير السطح المسقطى للمرقم حول ماتحت المرقم حتى ينطبق على سطح البسيطة لان السطح المسقطى الرأسى للمرقم عبارة عن السطح المار بما تحت المرقم (م ن) وبالمرقم الذى فى الفراغ فاذا دوّر هذا السطح حول الخط (م ن) حتى ينطبق على السطح العمودى المفروض ينطبق المرقم الذى كان فى الفراغ على السطح المذكور أيضا ولا شبهة فى كونه يمر حينئذ بالنقطة (م) ولكن ذلك لايكفى لرسم المرقم المذكور فيلزم أن نعين نقطة ثانية منه خلاف النقطة (م) ولذلك نقول حيث ان مركز ثقب اللوحة واقع على المرقم فبعد التدوير المتقدّم ذكره ينطبق ذلك المركز على السطح العمودى فاذا لاحظنا أن الخط الواصل هذا المركز الى مسقطه (ب) هو عمودى على ماتحت المرقم (م ن) فبعد التدوير يكون وضع هذا الخط عموديا على ماتحت المرقم بحيث لو رسمنا من نقطة (ب) خط (ب بً) عموديا على (م ن) وأخذنا (ب بً) مساويا لبعد مركز الثقب الى مسقطه بالطريقة التى سبق التكلم عليها تكون نقطة (بً) هى موضع مركز الثقب على سطح البسيطة بعد التدوير وحيث ان هذه النقطة واقعة على المرقم فاذا وصلنا نقطتى (م) و (بً) بالمستقيم (م بً) يكون هذا الخط موضع المرقم على السطح المفروض و يمكن اذن معرفة الزاوية (بً م ب) المطلوبة

هذا وقد سبق ان الزاوية المحصورة بين المرقم (بً م) وما تحت المرقم (م ن) هى عبارة عن عرض بلد معينة على سطح الكرة الارضية فبناء على ذلك كل بسيطة عمودية ترسم هنا تكون بسيطة افقية لتلك البلد وكذلك ماتحت مرقم الاولى يكون نصف نهار الثانية واللوحة المثقوبة تكون فى موضع اللوحة المذكورة التى يفرض وضعها تجاه تلك البسيطة الافقية ومعدل النهار يكون واحدا فى البسيطتين ونتيجة ذلك ان سائر الاجرا آت اللازمة لانشاء البسيطة العمودية لاتخرج عن كونها نفس الاجرا آت التى ذكرت فيما يتعلق بالبسيطة الافقية ولايخفى مافى ذلك من التسهيلات

(والسادس) تعيين موضع البسيطة الاستوائية بعد التدوير المتقدم ذكره ولاجل ذلك يلاحظ أنه فى أثناء هذا التدوير لاتتحرك النقطة (ن) التى هى نقطة تقاطع معدل النهار بما تحت المرقم فاذا فرضنا خطا واصلا بين هذه النقطة ومركز البسيطة فى الفراغ ينطبق هذا الخط بعد التدوير على (ن ب″) وتكون نقطة (ب″) مركز البسيطة الاستوائية هذا وحيث ان الخط المذكور يمر بنقطة تقابل سطح الاستواء بمرقم البسيطة المفروضة وهو موجود على سطح الاستواء فيلزم أن يكون خط (ب″ ن) عموديا على المرقم(م ب″) و يكون ذلك امتحانا للرسم

(فى كيفية الرسم)

(٦٥) اذا رسمنا بمقتضى الامور الستة السابقة نصف النهار (م هـ) (شكل ٣١) ومعدل النهار (ن هـ) ومائحت المرقم (م ن) ومركز البسيطة الاستوائية (ب″) ثم أردنا تعيين خطوط ساعات البسيطة يلزمنا ابتداء تحديد محيط دائرة البسيطة الاستوائية وطريق ذلك أن نجعل نقطة (ن) مركزا وننقل نقطة (ب″) الى نقطة (ب″) فتكون هذه النقطة عبارة عن الموضع الذى يأخذه مركز البسيطة الاستوائية على السطح العمودى المفروض عند تدويره حول معدل النهار

واذا جعلنا بعد ذلك نقطة (ب″) مركزا ورسمنا دائرة بنصف قطر ما ثم وصلنا نقطتى (ب″) و (هـ) بخط مستقيم فهذا المستقيم يقطع المحيط فى نقطة يمكن اعتبارها نقطة الزوال و بتقسيم المحيط المذكور الى ٢٤ قسما متساوية بالابتداء من تلك النقطة تتعين اتجاهات خطوط ساعات البسيطة الاستوائية فبرسمها وامتدادها الى تلاقى معدل النهار ثم بوصل نقط التلاقى بمركز البسيطة (م) نكون قد رسمنا خطوط ساعاتها ويتم حينئذ انشاء البسيطة المنحرفة المطلوبة

هذا واصعوبة رسم خطوط الساعات القريبة من أطراف البسيطة بواسطة خطوط ساعات البسيطة الاستوائية المناظرة مع تلك الخطوط حيث ان الاولى تلاقى معدل النهار على ابعاد بعيدة جدا نستعمل طريقة من الطرق التى ذكرناها فى المادة (٤٥) وما يعقبها من المواد فيرسم مثلا خط (ىَ ى) موازيا لخط الساعة الثامنة فيقطع خط الساعة (٢) فى نقطة (ص) وتكون النقط التى على جانبى هذه النقطة بابعاد متساوية نقطا من خطوط ساعات الاسطح السويعية الصانع بعضها

مع بعض ٩٠ درجة وعلى ذلك اذا وصل من تلك النقط الى المركز (م) يتحصل على المطلوب

(فى معرفة طول وعرض النقطة التى تعتبر فيها المنحرفة بسيطة افقية)

(٦٦) قد قلنا فيما سبق ان البسيطة العمودية هى بسيطة افقية لنقطة اخرى على سطح الكرة الارضية فاذا اريد معرفة عرض وطول تلك النقطة يمكن استخراجهما بسهولة من البسيطة العمودية . وذلك بان نفرض (م ن) ماتحت المرقم (شكل ٣١) فيكون هو نصف نهار ذلك المحل أعنى خط زواله وتكون الزاويه (ب″ م ن) الواقعة ما بين هذا الخط والمرقم (م ب″) عبارة عن تمام عرض المحل المذكور وبالضرورة يعلم منه العرض ولمعرفة الطول يقال حيث ان الشمس عند ماتكون على نصف نهار تلك الجهة تكون الساعة صفرا أعنى ١٢ يكون الطول المطلوب مساويا للبعد الوقتى لنقطة تلاقى محيط البسيطة الاستوائية بالخط (م ن) عن نقطة الساعة ١٢ من البسيطة العمودية

(فى تعيين انحراف السطح)

(٦٧) اننا وان لم نذكر انحراف السطح عند ما تكلمنا على رسم البسيطة فى مادتى (٦٤) و (٦٥) فلا صعوبة فى استخراجه من نفس البسيطة المرسومة وذلك بان يقال حيث ان الخط (ح ب‾) (شكل ٣٠) موجود فى سطح نصف النهار ومواز للافق والخط (ب ح) موجود على سطح البسيطة ومواز للافق أيضا فهذان الخطان عموديان على خط (م هـ) الذى هو الفصل المشترك بين السطحين المذكورين أى سطح نصف النهار وسطح البسيطة وحيث انهما خارجان من نقطة واحدة (ح) على الفصل المذكور تكون الزاوية المحصورة بينهما عبارة عن زاوية سطح نصف النهار وسطح البسيطة ولكون انحراف السطح المطلوب هو تمام هذه الزاوية فلمعرفته يكفى أن نمسح الزاوية (ب ح ب‾) ونطرحها من ٩٠ درجة فالباقى يكون قيمة الانحراف المراد معرفته

(فى بيان خط الطلوع والغروب)

(٦٨) اذا رسمنا من مركز اللوحة المثقوبة (ب) (شكل ٣١) خط (ع ع‾) موازيا للافق يمكن اعتبار هذا الخط نفس افق المحل بحيث تعتبر الشمس فى وقت الطلوع أو الغروب كلما وجد مركزها بحذاء هذا الخط وحيث ان اللوحة المثقوبة مفروض

وضعها بحذاء هذا الخط فالشعاع المار من ثقبها لا يقع من فوق الافق المذكور بل يقع كل أيام السنة وقت الطلوع والغروب على نفس الافق فلهذا السبب تكون خطوط ساعات البسيطة المرسومة فوق الخط (ع عَ) لا فائدة لها في العمل ويمكن الاكتفاء بالخطوط المرسومة تحته على أطوال بقدر اللازم

(في رسم البسيطة العمودية المنحرفة بطريق الحساب)

(٦٩) كما يمكن بطريق الحساب رسم أنواع البسيطة السابق ذكرها كذلك يمكن به رسم نوع آخر منها وهو البسيطة المنحرفة وذلك بان نفرض (ں ںَ ص صَ) سطح البسيطة المطلوبة (شكل ٣٢) ونرسم فيه خطا رأسيا (م ں) فهذا الخط يمكن اعتباره نصف نهار للسطح المذكور ولجميع السطوح الرأسية المارة من ذلك الخط ثم لنفرض مرور السطح الرأسي الاول من هذا الخط فاذا رسمنا سطحا موازيا للافق وفرضنا ان المرقم (م ح) يقطع هذا السطح في نقطة (ح) ووصلنا (ح ں) ثم رسمنا من (ں) خط (ل ى) عمودا على (م ں) يكون (ح ں) هو نصف النهار الافقي و (ل ى) معدل نهار السطح الرأسي الاول و (ں ص) الفصل المشترك بين الافق وسطح البسيطة المفروضة والزاوية (ع) أعنى (ص ں ى) انحراف سطح البسيطة على السطح الرأسي الاول

واذا فرضنا بعد ذلك بسيطة استوائية عمودية على المرقم في (ں ب) ورسمنا خط ساعة معلومة من خطوط ساعاتها وليكن (ب ى) يكون خط الساعة المذكورة على السطح الرأسي الاول هو (م ى) وخطها على الافق هو(ح ى) واذا مد هذا الخط يقطع (ں ں) في نقطة (ص) وبوصل هذه النقطة بنقطة (م) يكون خط (ص م) هو خط تلك الساعة المفروضة على بسيطتنا العمودية

وعلى ذلك فتى فرضنا على سطح البسيطة خطا ما رأسيا مثل (م ں) وخطا موازيا للافق (ص ں) يمكن بواسطة القوانين الآتية حساب البعد (ں ص) المقابل لساعة معلومة أو حساب الزاوية (هً) أعنى (ص م ں) المقابلة لتلك الساعة ولكن يلزم ابتداء تعيين الزوايا (ɔ) لساعات البسيطة الافقية بواسطة القانون الذى حدث لنا في المادة (٤٩) وهو

مماس (ɔ) = مماس (ه) جيب (العرض) ..... (١)

ثم وضع مقادير (ﻫ) فى القوانين الآتية على حسب الازمان المختلفة فلايجاد القوانين المطلوبة نقول فى المثلث (صـ ن ى) لنا

$$\frac{\text{صـ ن}}{\text{ن ى}} = \frac{\text{جيب (صـ ى ن)}}{\text{جيب (ى صـ ن)}} \qquad (١)$$

ولكن

$$\text{صـ ى ن} = \text{ى ح ن} + \text{ى ن ح}$$
$$= ﻫ + ٩٠$$

وكذلك

$$\text{ى صـ ن} = ١٨٠ - (\text{صـ ى ن} + ع)$$
$$= ١٨٠ - [ﻫ + ٩٠ + ع]$$
$$= ١٨٠ - ٩٠ - (ﻫ + ع)$$
$$= ٩٠ - (ﻫ + ع)$$

فبتبديل (صـ ى ن) و (ى صـ ن) بهاتين القيمتين فى المعادلة (١) يكون لنا

$$\frac{\text{صـ ن}}{\text{ى ن}} = \frac{\text{جيب (ﻫ + ٩٠)}}{\text{جيب}[٩٠ - (ﻫ + ع)]}$$
$$= \frac{\text{تمام جيب (ﻫ)}}{\text{تمام جيب}(ﻫ + ع)}$$

ومنها

$$\text{صـ ن} = \text{ى ن} \times \frac{\text{تمام جيب (ﻫ)}}{\text{تمام جيب}(ﻫ + ع)}$$

ولكن قد رأينا فى المادة (٥٤) أن

$$\text{ن ى} = \text{م ن تمام جيب (العرض) مماس ﻫ}$$

فبوضع هذه القيمة بدلا من ن ى فى المعادلة الاخيرة يحدث

$$\text{صـ ن} = \text{م ن} \times \frac{\text{تمام جيب (العرض) تمام جيب (ﻫ) مماس (ﻫ)}}{\text{تمام جيب (ﻫ + ع)}} \ldots\ldots (٢)$$

وهو طول البعد المطلوب

ولاستخراج قيمة الزاوية (هـً) يقال فى المثلث (ص م ن) القائم الزاوية

$$\frac{\text{ص ن}}{\text{م ن}} = \text{مماس}\ (\text{هـً})$$

ومنها

$$\text{ص ن} = \text{م ن مماس}\ (\text{هـً})$$

وبتعويض (ص ن) بهذا المقدار فى المعادلة (٢) يحدث

$$\text{م ن مماس}\ (\text{هـً}) = \text{م ن} \times \frac{\text{تمام جيب (العرض) تمام جيب (د) مماس (هـ)}}{\text{تمام جيب}\ (\text{د} + \text{ع})}$$

ومنها

$$\text{مماس}\ (\text{هـً}) = \frac{\text{تمام جيب (العرض) تمام جيب (د) مماس (هـ)}}{\text{تمام جيب}\ (\text{د} + \text{ع})} \quad \ldots\ldots\ (٣)$$

واذا تأملنا فى القوانين الثلاثة التى استخرجناها نجدها كلها تحتوى على الكميات (هـ) والعرض و (ع) و (د) فمن اللازم اذن تبيين كيفية استعمال كل واحدة منها بان يقال ان الزاوية (هـ) تزيد خمس عشرة درجة لكل ساعة باعتبارها من ابتداء خط زوال البسيطة الاستوائية فلذلك يلزم جعلها خمس عشرة درجة لرسم أول خط من خطوط ساعات البسيطة العمودية وثلاثين درجة لرسم ثانى خط وخمسا وأربعين لرسم ثالث خط وهلم جرا وأما الزاوية (ع) فهى الزاوية الحادثة بين سطح البسيطة العمودية وبين السطح الرأسى الاول وقد سبق كيفية تعيينها فلا حاجة للتكرار هنا ولكننا نلاحظ أن البسيطة اذا كانت متجهة الى جهة الشرق كما هو مفروض فى الشكل يمكن استعمال الكمية تمام جيب (د + ع) التى هى مقام القانونين (٢) و (٣) كما هى بخلاف ما اذا كانت البسيطة متجهة الى جهة الغرب فانه يلزم تبديل علامة الزاوية (ع) من الزائد الى الناقص فيؤول حينئذ المقام المذكور الى (٣٦٠ — ع) وأما (د) فهى زاوية ساعات البسيطة الافقية فيلزم حسابها بالنسبة لكل خط من خطوط الساعات بحسب الازمنة المختلفة فاذا أريد استعمال القوانين السالف ذكرها لرسم بسيطة عمودية فى الاستانة العلية يمكن استخراج مقادير الكمية (د) من الجدول الذى ذكرناه فى المادة (٤٩) وهذا مما يسهل الحسابات الاخرى هذا ومما تقدم يعلم أنه اذا أريد رسم خطوط ساعات البسيطة بواسطة الزوايا الحادثة

بينها يستعمل القانون الثالث واذا أريد تعيين نقطة على كل خط من خطوط الساعات خلاف مركز البسيطة يستعمل القانون الثانى واذا أريد شئ آخر سوى ذلك يجرى فيه العمل كما تقدم مثاله

الفصل الثالث

(فى بيان رسم البسائط على أسطح مستوية مائلة على الافق)

(٧٠) لرسم البسيطة المائلة على الافق يرجح استعمال اللوحة المثقوبة على ماسواها فلهذا السبب يلزم أولا مراعاة الامور التى ذكرت فى المادة (٦٣) لوضع اللوحة المذكورة ثابتة بحيث تكون موازية لسطح البسيطة وثانيا أن الخيال الضوئى يقع على البسيطة فى مدة امكان استضاءتها بأشعة الشمس وثالثا أن الفصل المشترك بين سطح البسيطة والشعاع المار بثقب اللوحة لايقع خارجا عن البسيطة ورابعا رسم خطوط الساعات فى المحلات التى يمر بها الخيال الضوئى فى الاوقات المختلفة فبعد وضع اللوحة المثقوبة ثابتة تجاه البسيطة بالكيفيات المار ذكرها يرسم نصف نهارها بالطريقة الآتية ثم يجرى باقى العمل كما تقدم عند الكلام على البسيطة المنحرفة

(فى رسم نصف نهار البسيطة بواسطة موقع الخط الرأسى ونقطة الزوال)

(٧١) بعد وضع اللوحة المثقوبة على مقتضى ما ذكر آنفا اذا أريد تعيين الفصل المشترك بين سطح البسيطة وسطح نصف النهار أعنى خط نصف نهار البسيطة يفرض خط رأسى مثل (ب ح) (شكل ٣٣) نازل من مركز ثقب اللوحة وليكن (ح) موقعه على سطح البسيطة (ل ع) ثم يقال حيث ان الخط الرأسى المذكور موجود كله فى سطح نصف النهار فالنقطة (ح) تكون بالضرورة موجودة على خط نصف النهار المطلوب فاذا رصد وقت الزوال بمقتضى ساعة منتظمة الحركة وعينت فيه نقطة الخيال الضوئى (د) الواقع على سطح البسيطة تكون هذه النقطة نقطة ثانية على خط نصف النهار فبوصلهما يكون خط (ح د) هو نصف النهار المطلوب هذا اذا سقط الخط الرأسى (ب ح) على سطح البسيطة وأما اذا وقع خارجا عنه كما اذا وقع فى نقطة (حَ) على الافق فنرسم نصف النهار الافقى (حَ ن) فيقطع الاثر الافقى لسطح البسيطة (ل ع) فى النقطة (ن) التى هى بالضرورة نقطة من نقط نصف النهار فبوصلها بنقطة (د) يكون خط (ن د) هو نصف النهار المطلوب

واذا لم يقع الخيال الضوئى وقت الزوال على سطح البسيطة بل على سطح أفقى أو عمودى يرسم من موقعه نصف نهار أفقى أوعمودى فتكون نقطة تلاقيه بأثر سطح البسيطة هى احدى نقط نصف النهار المطلوب فعلى ذلك اذا فرضنا أن الضوء المذكور لم يقع على نقطة (ى) بل على نقطة (ىَ) الموجودة فى سطح عمودى نرسم نصف النهار العمودى (ىَ هـ) الذى يقطع الاثر العمودى للسطح (ل ع) فى نقطة (هـ) ونصل هذه النقطة بالنقطة (ح) أوبالنقطة (ن) على حسب كون الخط الرأسى (ب ح) واقعا فى نقطة (ح) أوفى نقطة (حَ) فما كان فهو خط نصف النهار المطلوب

(فى امكان فرض سطح البسيطة المذكورة أفقا)

(٧٢) بينا فيما تقدم أن سطح البسيطة موازلافق نقطة من نقط الكرة الارضية وعليه يكون نصف نهار تلك النقطة عموديا على السطح المذكورفاذا فرضنا مرقا مارّا بمركز اللوحة المثقوبة يكون مسقطه أى ماتحت المرقم خط زوال أفق النقطة المارّ ذكرها أعنى نصف نهارها وتكون الزاوية الحادثة بين المرقم وما تحته هى عرض تلك النقطة فاذا رسمنا ماتحت المرقم وعينا العرض المذكور بالطرق التى ذكرناها فيما سبق ثم أنشأنا بسيطة لتلك النقطة نكون قد رسمنا بسيطتنا المطلوبة غير أنه يلاحظ فى بيان الساعات للمحل الذى نحن فيه أن يكون اجراء تقسيمات البسيطة الاستوائية بالابتداء من نصف النهار لامما تحت المرقم كما ذكر آنفا

(فى كيفية الرسم)

(٧٣) قد فهم مما أوضحناه أنه يلزم بعد وضع اللوحة المثقوبة ورسم نصف النهار أن يعين ماتحت المرقم وكيفية تعيينه أنه يبحث ابتداء عن موقع العمود النازل من ثقب اللوحة على سطح البسيطة وعن مركز البسيطة أما الموقع المذكورفهو نفس مركز الدائرة المرتكزعلى محيطها الثلاث أرجل اللوحة المثقوبة لان المركز المذكور هو عبارة عن مسقط مركز الثقب على سطح البسيطة وأما مركز البسيطة فلايجاده يلزم تدوير سطح المرقم حول خط نصف النهار فليكن (م ح) نصف نهار البسيطة (شكل ٣٤) و(ب) مسقط مركز ثقب اللوحة ولنرسم من هذه النقطة العمود (ب ح) على نصف النهار المذكور ولنفرض سطحا مارّا بهذا العمود والعمود السابق ذكره أى النازل من مركز الثقب على سطح البسيطة فيتكوّن فيه مثلث قائم

الزاوية قاعدته (ب ح) وارتفاعه بعد مركز الثقب عن سطح البسيطة و وتره خط واقع بين مركز الثقب ونصف النهار وموجود فى سطح المرقم فلاجل تعيين طوله نقيم العمود (ب بَ) مساويا لارتفاع المثلث المذكور ونصل (ب حَ) بمستقيم يكون هو الوتر المطلوب وتكون نقطة (بَ) موضع مركز الثقب على سطح البسيطة بعد تدويره حول خط (ب ح) . واذا أريد ايجاد موضعه بعد تدوير سطح المرقم حول الخط (م ح) نرسم من نقطة (ح) قوسا بوتر مساو للبعد (ح ب) فتكون نقطة (بً) هى هذا الموضع

وقد ذكرنا فى المادة (٧١) أنه لرسم نصف نهار البسيطة يلزم تنزيل خط رأسى من مركز ثقب اللوحة ولتكن (ل) نقطة تلاقيه بسطح البسيطة فلمعرفة موضع الخط المذكور نلاحظ أنه فى أثناء تدوير سطح نصف النهار حول (م ح) لا تتحرك النقطة (ل) وحيث انه مفروض أن الخط الرأسى مارّ بمركز الثقب فبعد انطباق سطح نصف النهار على سطح البسيطة ينطبق الخط المذكور على البسيطة أيضا ويمر حينئذ من كل من النقطتين (ل) و (بً) فبرسم خط (بً ل) يتعين موضع الخط الرأسى المطلوب

واذا أردنا رسم المرقم نلاحظ أنه يصنع مع الخط الرأسى زاوية مساوية لتمام عرض المحل فاذا رسمنا (ع بً) بحيث تكون زاوية (ع بً ل) تساوى تمام العرض يكون خط (ع م) موضع المرقم على سطح البسيطة وتكون نقطة (م) مركزها ويكون خط (م ب) مسقط المرقم أى ماتحته واذا أريد بعد هذا رسم معدّل النهار يبحث أوّلا عن خط الاستواء وهو خط عمودى على موضع المرقم (م بً) على سطح البسيطة فاذا رسمنا من نقطة المرقم (بً) العمود (بً هـ) على (م بً) تكون قد عينا أثر خط الاستواء على سطح نصف النهار وحيث ان نقطة (هـ) التى هى نقطة تقاطع العمود المذكور بخط (م ل) هى احدى نقط الاثر المذكور ولم تتحرك عند تدوير سطح نصف النهار حول خط (م ل) تكون اذن نقطة من نقط أثر خط الاستواء على سطح البسيطة أى تكون نقطة من نقط معدّل النهار المطلوب ولهذا لم نبتدئ تقسيمات البسيطة الاستوائية مما تحت المرقم بل من نقطتى تقاطع الخط الواصل بين هذه النقطة (هـ) وبين مركز البسيطة الاستوائية بمحيط البسيطة المذكورة وحيث ان خط الاستواء فرضا عمودى على المرقم فأثره على سطح البسيطة

يكون عموديا على ماتحت المرقم وعلى مقتضى أصول الهندسة الوصفية يكفى لايجاد هذا الاثر أن نرسم على ماتحت المرقم (هـ ن) العمود (بً م) من نقطة (هـ) فيكون هو معدّل النهار المطلوب

وأما سائر الرسوم فيتبع فى اجرائها ماتبين فى مادّة (٦٥) أى يلزم أوّلا تدوير المرقم حول ماتحته ولاجل ذلك يؤخذ على ماتحت المرقم عمود (ب بً) يساوى البعد (ب بَ) ثم يوصل (م بً) و(ن بً) فيكون الخط الاوّل هو المرقم والثانى هو خط الاستواء وهما متعامدان ومن تعامدهما أوعدمه تعلم صحة الرسم أوعدمها ثم من نقطة (ن) كمركز يصير نقل (بً) الى (بً) فبذلك نكون قد دوّرنا سطح الاستواء حول معدّل النهار وطبقناه على سطح البسيطة وطبقنا مركز البسيطة الاستوائية على نقطة (بً) فاذا رسمت دائرة ما من المركز (بً) تكون هى محيط البسيطة الاستوائية

وبعد ذلك اذا وصلت النقطة (هـ) بالمركز (بً) فالخط الواصل (هـ بً) يقطع محيط البسيطة فى نقطة الزوال ١٢ التى يلزم بدء التقسيمات منها كما ذكرآننا فبعدوضع أرقام الساعات بالنسبة لحركة الشمس يوصل من المركز (بً) الى جميع نقط التقاسيم وتمد الخطوط الحادثة الى أن تلاقى معدّل النهار ثم توصل نقط التلاقى بمركز البسيطة (م) فتكون هى خطوط ساعات بسيطتنا المطلوبة

(فى بيان خط الطلوع والغروب)

(٧٤) القواعد التى ذكرناها الى الآن كافية فى رسم البسائط على السطوح المستوية مهما كان وضع تلك السطوح الا أنها قد تقتضى رسم خطوط الساعات على أطوال زائدة بدون فائدة فلمنع ذلك يلزمنا البحث عن اتجاه الخيال الضوئى وقت الطلوع والغروب بان يقال حيث ان الشمس فى وقت الطلوع والغروب تكون فى الافق فاذا رسمنا من مركز ثقب اللوحة سطحا موازيا لسطح الافق يقطع سطح البسيطة فى مستقيم أفقى لايتجاوزه الخيال الضوئى وحينئذ يمكن عدم امتداد خطوط الساعات من فوق الخط المذكور

(فى القواعد العمومية لرسم البسيطة على أى سطح كان)

(٧٥) من المعلوم أن السطوح على نوعين مستوية ومنحنية والقواعد التى تقدّمت الى الآن انما تبحث عن رسم البسائط على السطوح المستوية وقد تمس الحاجة

رسمها

رسمها على سطوح منحنية فيلزم لاتمام الفائدة أن نتكلم على ذلك فنقول ان القواعد التى ذكرناها فيما يتعلق بالسطوح المستوية يمكن تطبيقها على ما يتعلق بالسطوح المنحنية ولكن عمليات الرسم تختلف فى النوعين بل وفى كل صنف من أصناف السطوح المنحنية اذ لايخفى أن لكل سطح منحن خواص هندسية ذاتية بحيث يطول بنا الكلام لو أردنا استيفاء القول فيها ولهذا رأينا أن لانذكر شيأ من تلك الخواص اذ محل ذكرها الهندسة الوصفية ونكتفى الآن بذكر مالابد منه من القواعد العمومية فنقول . اذا أريد رسم بسيطة على سطح منحن يلزم وضع المرقم موازيا لمحور العالم ثم تعيين الفصول المشتركة بين السطح المفروض وبين السطوح السويعية المارة بالمرقم ولاجل ذلك ترسم بسيطة استوائية عمودية على المرقم ثم يبحث عن خط زوالها الذى تبتدئ منه تقسيمات الساعات ويكون ذلك بالبحث عن الفصل المشترك بين سطحها وسطح نصف النهار ثم ترسم باقى خطوط ساعاتها وترسم بعد ذلك خطوط ساعات البسيطة المطلوبة بنفس الطرق التى سبق ذكرها عند الكلام على البسائط المتنوعة أى يصير امتداد خطوط ساعات البسيطة الاستوائية الى أن تلاقى السطح المنحنى المفروض فتكون تلك النقط من نقط خطوط البسيطة المطلوبة وبذا يسهل رسمها أيا كان السطح المنحنى المفروض

هذا ولا يخفى أن قواعد الرسم التى ذكرناها فيما يتعلق بالسطوح المستوية يمكن العمل بها على نفس تلك السطوح مباشرة بدون احتياج الى رسمها ابتداء على الورق وهنا لايمكن ذلك لانه عند ما يراد رسم بسيطة على سطح منحن يحتاج الامر الى استعمال سطوح مسقطية لاجل تعيين مساقط المرقم وسائر الخطوط والسطوح فان كان السطح المنحنى قابلا للانتشار تنشر تلك المساقط على ورقة بالطرق الهندسية الوصفية وبالصاقها بالسطح المنحنى تعلم البسيطة المطلوبة وان لم يكن السطح المذكور قابلا للانتشار فلا يمكن نشر المساقط بالطرق المذكورة فيلزم فى هذه الحالة تعيين نقطتين على كل خط من خطوط الساعات بواسطة المعينات (س) والمرتبات (ع) ثم تتمم الرسوم المذكورة

الفصل الرابع

(فى بيان رسم المنحنيات الظلية التى تتكون على سطح البسيطة حينما تكون الشمس فى رؤس البروج)

(٧٦) البسائط التى بينا رسمها فى جميع ماتقدم تختص بمعرفة الاوقات فقط ويمكن أن يستفاد منها زيادة على ماذكر معرفة أمور أخر مهمة ولكن باضافة قليل من الرسم اليها فلنتكلم على ذلك تتميما للفوائد وتكثيرا للنتائج فنقول

من الممكن أن يفرض أن الشمس ترسم كل أربعة وعشرين ساعة دائرة يومية عمودية على محور العالم بدون أن يحدث عن ذلك الفرض خطأ محسوس فاذا تصورنا رسم مستقيم مابين الشمس ورأس شاخص البسيطة أومركز ثقب اللوحة ثم فرضنا ذلك الخط ثابتا عند رأس الشاخص أومركز الثقب المذكور فبدوران الشمس على محيط الدائرة اليومية يرسم ذلك الخط مخروطين متحدى الرأس أحدهما متجه نحو الشمس ويسمى بالمخروط الضوئى والآخر متجه نحو سطح البسيطة ويسمى بالمخروط الظلى وهذا المخروط يقطع سطح البسيطة على منحن يسمى بالمنحنى المظلم كما تقدم فى الفصل الاول ودرجة انحناء هذا المنحنى وموضعه على البسيطة يكونان بنسبة بعد الشمس عن خط الاستواء فيتبعان على الدوام ميلها بحيث يكون لكل يوم منحن مخصوص وبناء على هذا اذا أمكن رسم منحنيات جميع الايام أوبعضها قبل تلك الايام يتيسر للانسان أن يعرف ميل الشمس المقابل ليوم معلوم وفى أى برج توجد الشمس وكم عدد أيام السنة وذلك بالبحث عن المنحنى الذى يرسمه فى ذلك اليوم الخيال الضوئى أوظل رأس شاخص البسيطة حرصا على اقتناص هذه الفوائد الجليلة بادرنا بذكر كيفية رسم تلك المنحنيات التى لاتخرج عن كونها بعض القطوع المخروطية وهى القطع الزائد والقطع المكافئ والقطع الناقص والدائرة ولنمهد لذلك بالبحث عن نوع انحناء كل منها بالنسبة للنقط المختلفة على سطح الكرة الارضية فنقول

ليكن (هَ ع) (شكل ٣٥) نصف النهار لبسيطة افقية و (هَ) مركزها و (مَ هَ) المسقط الافقى للمرقم و (ه م) مسقطه الرأسى ولنفرض مركز الكرة السماوية عند رأس الشاخص أومركز الثقب (م) فكل دائرة مثل (ں ب ک) ترسم بجعل هذه النقطة مركزا يمكن أن تعتبر نصف نهار المحل أو الكرة السماوية وكذلك يمكن فرض المرقم (ک کَ) محور العالم و (ط طَ) خط الاستواء والخطين (د دَ) و (ں ںَ) الموازيين لهذا الخط على بعد ثلاث وعشرين درجة وثمان وعشرين دقيقة مدارى السرطان والجدى فبما ذكر تكون جميع الدوائر التى ترسمها الشمس فى أيام الفصول الاربعة محصورة بين هذين المدارين

ويستنتج

ويستنتج من هذا الرسم اننا لو فرضنا الشمس عند نقطة (ط) أعنى على خط الاستواء يكون شعاعها فى ذلك اليوم هو الخط (ط م) العمودى على محور العالم وحيثما تتم دورتها فى اليوم المذكور يرسم هذا الخط سطحا مستويا عموديا على محور العالم والمخروطان السابق ذكرهما يتحدان ويصيران سطحا مستويا ولهذا السبب يكون النحنى المظلم المقابل لذلك اليوم خطا مستقيما هو والفصل المشترك بين سطح الاستواء وسطح البسيطة أى معدّل النهار وبناء على ماذكر اذا مددنا خط الاستواء (ط طَ) الى أن يلاقى محور المساقط ورسمنا من نقطة الملاقاة العمود (ں ںَ) على المحور المذكور يكون هذا الخط هو معدّل النهار المطلوب وهذا الخط يكون عموديا على خط الزوال فى البسائط العمودية على سطح نصف النهار وأما فى البسائط المائلة على نصف النهار فيكون عموديا على ماتحت المرقم

واذا فرضنا أن الشمس ليست على خط الاستواء بل على شماله فى أقصى بعد منه وهو مدار السرطان (ى ىَ) ووصلنا موضعها (ى) بالنقطة (م) ففى أثناء ماتتم حركتها اليومية يرسم الشعاع (م ى) المخروط الضوئى (ى م ىَ) والمخروط الظلى (ں م ںَ) وحيث ان هذين المخروطين يلاقيان الافق المفروض فهو يقطعهما على قطع زائد يكون أحد رؤسه عند (ىً) والآخر عند (ںً) واذا فرضناها على جنوبيه فى أقصى بعد منه أيضا وهو مدار الجدى نجد نفس القطع الزائد المتقدم ذكره ومن ذلك يستنتج أن القطوع الزائدة المقابلة للايام التى تكون فيها الشمس فى النصف الجنوبى من الكرة السماوية هى نفس القطوع المقابلة للايام التى تكون فيها الشمس فى النصف الشمالى على الناظر

هذا ويفهم من الشكل انه يلزم لايجاد قطع زائد ليوم من أيام السنة فى بلدة ما ان يكون افق تلك البلدة يقطع الدوائر اليومية وهذا يتوقف على كون البلدة فى المنطقة الحارة أو المعتدلة أما لو كانت فى المنطقة الباردة فلا يقطع افقها الدوائر المذكورة الافى بعض أيام السنة ففى تلك الايام يكون القطع زائدا أيضا وأما اذا كان الافق مماسا للدوائر اليومية فيكون القطع مكافئا ويكون ذلك فى يوم أو يومين من أيام السنة واذا لم يلاق الافق تلك الدوائر بالمرة يكون القطع ناقصا وفى عرض تسعين أى فى القطب يكون القطع دائرة تامة . ولايضاح جميع ذلك نقول

حيث ان زاوية (م ﻫ ب) تساوى عرض البلد فالافق (ب ﻫ) يتغير بتغير العرض المذكور فاذا غيرنا الزاوية (م ﻫ ب) على التدريج من الصفر الى ٩٠ درجة يتضح لنا جميع الاحوال المذكورة آنفا فالبلاد التى فى المنطقة الحارة يقطع افقها جميع الدوائر اليومية كما قلنا وحينئذ فالمنحنى يكون هنالك دائما قطعا زائدا واذا اشترطنا ان لايقطع الافق (ب ﻫ) أحد المخروطات مثل (دَ م د) يلزم أن يكون خط (ب ﻫ) موازيا لخط (م دَ) فحينئذ يكون

$$
\text{دَ م طَ} + \text{طَ م ﻫ} + \text{م ﻫ ب} = ١٨٠^\circ
$$

أعنى

$$
\text{ميل الشمس} + ٩٠^\circ + \text{عرض البلد} = ١٨٠^\circ
$$

وبالاختصار

$$
\text{ميل الشمس} + \text{عرض البلد} = ٩٠^\circ
$$

وعلى ذلك فكل يوم فى بلدة ما تحقق فيه هذه المعادلة يكون قطع المخروط الظلى فيه موازيا لاحد مولداته فالمنحنى الحاصل حينئذ يكون كما هو معلوم من نظريات الخطوط المخروطية قطعا مكافئا

وأما الايام التى يكون فيها

$$
\text{ميل الشمس} + \text{عرض البلد} > ٩٠^\circ
$$

فتكون فيها مولدات المخروط كلها مقطوعة ويكون حينئذ المنحنى قطعا ناقصا

أما اذا كان

$$
\text{عرض البلد} = ٩٠^\circ
$$

فيكون قطع المخروط عموديا على المحور والمنحنى يكون دائرة

وأما اذا كان

$$
\text{ميل الشمس} + \text{عرض البلد} < ٩٠^\circ
$$

فخط الافق يصنع مع المولدين النهائيين المثلث (س م ﻫ) كما نراه فى الشكل وفى هذه الحالة يكون قطع المخروط دائما قطعا زائدا

هذا واذا أريد معرفة العروض التى يتولد فيها كل نوع من أنواع المنحنيات المذكورة يوضع فى هذه المعادلة

$$
\text{ميل الشمس} + \text{العرض} = ٩٠^\circ
$$

بدلا

بدلا من ميل الشمس ميلها الاعظم المساوى (٢٨َ ,, ٢٣°) بالتقريب فيحدث

العرض = ٩٠° — ٢٨َ ,, ٢٣° = ٣٢َ ,, ٦٦°

ثم يقال ان كل بلدة عرضها أقل من هذا المقدار أى من (٣٢َ ,, ٦٦°) بان كانت من البلاد التى فى المنطقة المعتدلة أو الحارة يكون فيها المنحنى دائما قطعا زائدا وكل بلدة يزيد عرضها عن ذلك المقدار بأن تكون من البلاد التى فى المنطقة الباردة يختلف فيها القطع فيكون زائدا فى أيام كثيرة يليها يوم واحد يكون فيه مكافئا ثم تليه أيام اخرى يكون فيها ناقصا ثم يليها يوم يرجع فيه مكافئا وبعد ذلك يرجع القطع زائدا ويتم الدور على ماتم عليه أولا وهكذا

(القاعدة الاولى لرسم المنحنيات المظلة)

(٧٧) اذا اريد رسم المنحنيات المظلة لاى محل كان يلزم أولا البحث عن نوع كل منها بالنسبة لذلك المحل ثم يجرى العمل كما سيذكر بعد ولكن ينبغى لنا أن نلاحظ انه اذا كان المراد رسم جميع المنحنيات لمحل واحد فانه ينشأ عن ذلك اختلاط فى الخطوط على سطح البسيطة فضلا عن زيادة المشقة فى الرسم وبهذا السبب تقل المنفعة المقصودة من تلك المنحنيات فالاوفق أن لاترسم منحنيات جميع الايام بل المنحنيات المقابلة فقط للدوائر التى ترسمها الشمس عند حلولها فى رؤس بعض البروج الاثنى عشر المنقسم اليها المدار الذى تقطعه الشمس فى مدة السنة . ليكن (ن ىَ) (شكل ٣٥) المدار المذكور أى دائرة البروج فاذا عين عليه ست نقط مقابلة لمبادى ستة من البروج دلت نفس هذه النقط على مبادى الستة بروج الاخرى المقابلة للاولى وحيث ان كل واحدة من هذه النقط مشتركة بين برجين يمكن اعتبار كل نقطة مبدأ لبرجين متناظرين وحينئذ يكتفى برسم منحن واحد لكل برجين وحيث ان لكل برجين متقابلين بالتناظر ميلا واحدا يكون الجزء (م ىَ) من (ىَ ن) محتويا على برجى فصلى الربيع والصيف والجزء (م ن) على برجى فصلى الخريف والشتاء وبناء على ذلك يؤل الامر الى رسم المنحنيات المقابلة لميول الشمس فى ابتداء الفصول الاربعة المذكورة فقط ودونك جدولا فى ذلك

أسماء البروج		ميل الشمس
(١) فى مبدا الحمل والميزان	.... —	٠٠ َ ٠٠ °
(٢) فى مبدا الثور والسنبلة والعقرب والحوت	...... ±	٢٩ ,, ١١
(٣) فى مبدا الجوزاء والاسد والقوس والدلو	.... ±	١٠ ,, ٢٠
(٤) فى مبدا السرطان والجدى	.... ±	٢٧ ,, ٢٣

فاذا أخذنا على نصف النهار فوق خط الاستواء وتحته الابعاد (ط ح) و (ط ع) و (ط ى) و (ط حَ) و (ط عَ) و (ط ن) مساوية للميول المذكورة وفرضنا ان الشمس فى مبادى البروج تكون على النقط (ى) و (ع) و (ح) و (ط) و (حَ) و (عَ) و (ن) فبوصل جميع هذه النقط برأس الشاخص (م) يمكن ايجاد ظل النقطة (م) على البسيطة وقتما تكون الشمس فى تلك النقط وذلك بأن تمد الخطوط الواصلة تلك النقط بنقطة (م) الى أن تقطع محور المساقط (س هـ) ثم من نقط الملاقاة نقيم أعمدة على المحور المذكور فتقطع نصف النهار (ع هـَ) فى النقط (ىً و عً و حً و طً و حً و عً و نً) ويكون كل نقطة منها رأس منحن مظلم لبرجين متقابلين

ومن المعلوم أن الشمس تنتقل من برج الى برج آخر فى مدة ثلاثين يوما ويوم الانتقال هو ما بين اليوم السابع والحادى عشر من كل شهر رومى ففى هذه الايام ينتقل ظل النقطة (م) التى بعدها عن (مَ) مساو للبعد (ب م) من احد المنحنيات المرسومة الى منحن آخر

هذا ومتى تم تعيين رؤس المنحنيات بالكيفية المارّ ذكرها يبحث عن نقط اخرى لكل منحن فاذا أخذنا اليوم الذى فيه ترسم الشمس مدار السرطان (ى ىَ) مثلا وأردنا رسم المنحنى المقابل لذلك اليوم نبحث عن المساقط الرأسية على خط (ى ىَ) للنقط التى تكون فيها الشمس فى أول كل ساعة من ساعات اليوم المفروض ثم نصل هذه المساقط برأس المرقم ونعين على سطح البسيطة آثار الخطوط الواصلة فتكون تلك النقط من ضمن نقط المنحنى الذى يرسمه ذلك اليوم ظل رأس المرقم على سطح البسيطة

ولايجاد النقط التى تكون عليها الشمس فى أوائل الساعات يلاحظ أنها نقط تلاقى محيط الدائرة اليومية (ى ىَ) بالسطوح الربعية الصانعة بعضها مع بعض زوايا متساوية على خمس عشرة درجة فلايجاد المساقط الرأسية لهذه النقط ندور الدائرة

(د دَ) حول قطرها (د دَ) حتى تصير موازية لسطح المساقط الرأسية ويكفى فى ذلك أن نرسم من منتصف الخط (د دَ) وبالبعد (٦ د) نصف دائرة فتكون نقطة تلاقى محيطها بنصف النهار التى هى (د) هى نقطة الزوال واذا قسمنا نصف هذه الدائرة بالابتداء من النقطة المذكورة اثنى عشر قسما متساوية يعلم من نقط التقاسيم مواضع الشمس وقت الساعات (١٢) و (١٠) و (٩) و . . . . . وهكذا فبارجاع الدائرة المذكورة الى وضعها الاصلى تتحرك كل نقطة من تلك النقط على عمود نازل منها على الخط (د دَ) وتكون مواقع هذه الاعمدة (١٢) و (١٠) و (٩) و . . . . وهكذا عبارة عن المساقط الرأسية لتلك النقط . ولايجاد موقع ظل النقطة (م) وقت مرور الشمس بهذه النقط نصلها جميعا بالنقطة (م) ونبحث عن آثار الخطوط الواصلة فتكون هذه الآثار مواضع الظل المذكور فلنصل اذن النقط المفروضة بخطوط مستقيمة ونمدها الى أن تلاقى محور المساقط ثم من نقط التلاقى نقيم أعمدة على المحور المذكور ثم يقال حيث ان الظل المقابل لكل ساعة لابد أن يوجد فى البسيطة على خط تلك الساعة فاذا مددنا هاته الاعمدة الى أن تقطع خطوط ساعات ماقبل الزوال وما بعده تحصل على النقط المطلوبة فاذا اعتبرنا على خط (ددَ) النقطة (٩) ووصلناها بنقطة (م) ومددنا الخط الواصل بينهما الى أن يلاقى محور المساقط ثم أقمنا من نقطة التلاقى عمودا على المحور المذكور يقطع خط الساعة (٩) قبل الزوال وما يقابله بعد الزوال أعنى خط الساعة (٣) وتكون نقطتا (٩) و (٣) من ضمن نقط المحنى المظلم المقابل لليوم المفروض وبالاجراء على هذا المنوال يمكن تعيين نقط كثيرة من نقط المحنى المذكور وبضم بعضها الى بعض يتم المقصود

ويرى من الشكل أن المحنى الذى رسم بهذه الطريقة نظرا لمدار السرطان هو نفس المحنى الذى يرسم نظرا لمدار الجدى وأما المحنيات الوسطى فترسم بالطريقة المتقدمة وهى ستة منحنيات كما ترى فى الشكل وقد كتبنا بجانب كل واحد منها اسم البرج المختص به فمتى وقع ظل رأس المرقم على واحد منها يعلم البرج الحالة فيه الشمس بالنسبة للفصول الاربعة

(ملحوظ على القاعدة الاولى هذه)

(٧٨) ان هذه القاعدة فضلا عن كونها طويلة لايمكن استعمالها فى البسائط التى لم

تكن أسطحها عمودية على سطح نصف النهار فلهذا رأينا أن نذكر طريقة أخرى مشتملة على جميع أنواع البسائط

(تنبيـــــــه)

حيث ان سطح نصف النهار يقسم كل بسيطة عمودية عليه قسمين متساويين متناظرين لخط نصف نهار البسيطة يقسم حينئذ المحنى المظلم قسمين متساويين متناظرين أيضا ولذلك يكون الخط المذكور هو المحور الاكبر للمحنى وأما البسائط التى ليست عمودية على سطح نصف النهار فمحور المحنى فيها هو ماتحت المرقم

(فى القاعدة الثانية لرسم المحنيات المظلمة)

(٧٩) لسهولة رسم المحنيات المظلمة لبسيطة ما عمودية كانت على سطح نصف النهار أو مائلة عليه يقال تصوّر على كل سطح سويعى مثلثا قائم الزاوية بحيث يكون أحد ضلعى الزاوية القائمة مشتركا فى جميع المثلثات وهو المرقم أعنى الخط الواصل بين مركز البسيطة الاستوائية ومركز البسيطة المفروضة ويكون الضلع الآخر عبارة عن الجزء المحصور بين مركز البسيطة الاستوائية ومعدّل النهار من خط الساعة الاستوائية المقابلة لكل سطح سويعى ويكون الوتر عبارة عن الجزء المحصور بين مركز البسيطة المفروضة ومعدّل النهار من كل خط من خطوط ساعات هذه البسيطة واذا تعينت المواضع التى تكون فيها الشمس على الدائرة اليومية فى ابتداء كل ساعة من ساعات يوم معين فأشعة الشمس الآتية الى مركز البسيطة الاستوائية فى الاوقات المذكورة من ذلك اليوم تصنع مع خطوط ساعات تلك البسيطة زوايا متساوية قيمتها ميل الشمس فى اليوم المفروض وبناء على ما ذكر اذا أريد رسم المحنيات المذكورة فى المادة (٧٧) تفرض سبع دوائر يومية وترسم سبعة أشعة بحيث يصنع بعضها مع بعض فى الدائرة الاستوائية على سطح البسيطة سبع زوايا مساوية لميل كل دائرة يومية على خط الاستواء ويكون الشعاع الاوسط عموديا على المرقم وحينئذ يكون عبارة عن خط الاستواء ويقطع خط ساعة بسيطتنا أعنى وتر أحد المثلثات المتقدّم ذكرها الموجود فى سطح نصف النهار فى النقطة التى يلاقيه فيها معدّل النهار وأما سائر الاشعة فانها تقطع الوتر المذكور على يمين وشمال النقطة المذكورة وتكون جميع هذه النقط هى رؤس المحنيات المطلوب رسمها

و يستفاد أيضا من المواد السابقة أنه اذا تعينت على كل وتر من أوتار المثلثات نقط مثل النقط المتقدم ذكرها ثم طبقت على خطوط الساعات تحدث نقط عديدة اذا ضم بعضها الى بعض بخطوط منحنية ترسم المنحنيات المطلوبة

ليكن (هـ) (شكل ٣٦) مركز البسيطة و (~~) خط معدل النهار و (هـ ص) أحد خطوط الساعات ثم لنفرض أن طول المرقم معلوم وهو البعد ما بين مركز البسيطة المفروضة والبسيطة الاستوائية ونبحث حينئذ عن المثلث القائم الزاوية المفروض فى السطح السويعى المار بالخط (هـ ص) ونطبقه على سطح البسيطة فمن حيث ان وتر هذا المثلث عبارة عن البعد (ل هـ) ومعلوم أن كل دائرة مركزها منتصف وتر مثلث قائم الزاوية ونصف قطرها نصف ذلك الوتر يكون محيطها مارًّا برأس الزاوية القائمة فلو جعلنا حينئذ منتصف (ل هـ) وهو (س) مركزا ورسمنا دائرة بنصف قطر مساو لنصف البعد (ل هـ) فمحيطها يمر برأس المثلث المطلوب وحيث ان رأس المثلث المذكور عبارة عن مركز البسيطة الاستوائية والغرض معرفة بعده عن المركز (هـ) فاذا رسمنا من هذه النقطة قوسا بالبعد المذكور فنقطة تلاقيه بالمحيط تكون رأس المثلث فليكن (م) تلك النقطة وبوصلها بنقطتى (هـ) و (ل) يحدث المثلث المطلوب (هـ م ل) واذا رسمنا بعد ذلك الزوايا

(ط م ح َ) و (ط م ح) و (ط م ع) ...... وهكذا

المساوية كل واحدة منها ميل احدى الدوائر اليومية السبع فالأشعة

(م ح) و (م ع) ...... وهكذا

تقطع (هـ ص) فى النقط

(١) و (٢) و (٣) و (٤) و (٥) ...... وهكذا

وهى النقط المطلوبة أعنى نقط المنحنى المظلم المقابلة لرؤس بروج الحمل والثور والجوزاء والسرطان والاسد و ..... وهكذا

وكما عينا هذه النقط على (هـ ص) يمكننا أن نعين مثلها على سائر خطوط الساعات بواسطة تلك الاشعة السبعة نفسها ولبيان ذلك نفرض خطا آخر (هـ ك) من خطوط الساعات ونلاحظ أن المثلث المقابل لهذا الخط وتره يساوى البعد (هـ ب) فاذا أخذنا هذا البعد بدلا من وتر المثلث الاول ورسمنا به قوسا يقطع خط الاستواء (م ب َ) فى نقطة (ب َ) يكون المثلث الثانى هو (هـ م ب َ) والاشعة بعدها تقطع الوتر (هـ ب َ)

فى النقط (١) و (٢) و (٣) و .... وهكذا فبنقلها على الخط المفروض (هـ ى) نجد النقط المطلوبة وبتكرار هذا العمل على سائر خطوط الساعات نجد على كل منها نقطة مثل هذه النقطة وبضم هذه النقط بعضها الى بعض تحدث المنحنيات المطلوبة

(فائدة مستنبطة من الطريقة الثانية)

(٨٠) يستنتج من الطريقة الثانيــة فائدة مهمة بواسطتها يمكن تعيين النقط المطلوبة بدون توقف على رسم خطوط كثيرة وبدون أن يحصــل اختلاط فى الرسم البتــة وهى أن يؤخذ على ورقة شفافة بعد (هـ م) (شكل ٣٧) مساويا للمرقم ويرسم عليهمن (م) العمود (ط ل) فيكون هو الخط الاستوائى ثم يرسم من جهتيه الزوايا المساوية لميول الشمس وعند مايراد تعيين نقط على أحد خطوط الساعات توضع تلك الورقة على سطح البسيطة المفروضة بحيث تكون النقطة (هـ) على مركزها و (ط ل) على نقطة تقاطع خط الساعة المفروض بمعدّل النهار فنقط تقاطع خط الساعة بالخطوط المرسومة على الورقة الشفافة تكون النقط المطلوبة وبتكرار هذه العملية بالنسبة لكل خط من خطوط الساعات تعلم جميع النقط فبوصلها بعضها ببعض ترسم المنحنيات

هذا ومن الضرورى أن يكتب اسم كل برج على المنحنى المقابل له أو علامته الفلكية فلهذا وضعنا جدولا مشــتملا على أسماء جميع البروج وعلاماتها وزدنا فيــه مقادير ميول الشمس عند حلولها فيها ومبادئ دخولها فيها بالنسبة للاشهر الرومية

اشارات البروج	أسماؤها	درجاتها		ميول الشمس		دخول الشمس فى البروج	
		درجه		دقيقه	درجه	ايام	شهور
♈	الحمل	٠٠		٠٠	٠٠	٨	مارث
♉	الثور	٣٠	شماليه	٢٩	١١	٨	نيسان
♊	الجوزاء	٦٠	»	١٠	٢٠	٩	مايو
♋	السرطان	٩٠	»	٢٧	٢٣	٩	حزيران
♌	الاسد	١٢٠	»	١٠	٢٠	١١	تموز
♍	السنبله	١٥٠	»	٢٩	١١	١١	اغسطوس
♎	الميزان	١٨٠		٠٠	٠٠	١١	ايلول
♏	العقرب	٢١٠	جنوبيه	٢٩	١١	١١	تشرين الاول
♐	القوس	٢٤٠	»	١٠	٢٠	١٠	تشرين الثانى
♑	الجدى	٢٧٠	»	٢٧	٢٣	٩	كانون الاول
♒	الدلو	٣٠٠	»	١٠	٢٠	٨	كانون الثانى
♓	الحوت	٣٣٠	»	٢٩	١١	٦	شباط

(فى تعيين وقتى الطلوع والغروب)

(٨١) قد قلنا فيما سبق ان وقتى الطلوع والغروب فيما عدا البسيطة الافقية يكونان على اتجاه الفصل المشترك بين سطح البسيطة و بين السطح الافقى المرسوم اما من مركز ثقب اللوحة واما من رأس الشاخص وقد اتضح لك بما قدمناه كيفية رسم المنحنيات المظلمة لكل يوم من أيام السنة فلا يعسر عليك اذن معرفة هذين الوقتين وذلك بواسطة نقطة تلاقى هذا الفصل بالمنحنيات المظلمة فاذا أخذنا يوما من الايام وأردنا معرفة وقت الطلوع والغروب فيه نعتبر المنحنى المقابل لذلك اليوم ونفرض خطا سويعيا مارًّا بنقطة تلاقيه بالفصل المشترك ثم نقارن ذلك الخط بخطى الساعات القريبين منه نعلم عدد الساعات والدقائق المبينة بذلك الخط ومقدارها يكون اما وقت الطلوع واما وقت الغروب

الفصل الخامس

(فى بيان بسيطة اليد)

(٨٢) جميع البسائط الزوالية التى تكلمنا عليها الى الآن كما ترسم على سطوح مختلفة ثابتة كذلك ترسم على سطوح صغيرة غير ثابتة بحيث يمكن وضعها فى الجيب كالساعات واستعمالها فى أىّ وقت تكون فيه الشمس مرئية وهذا النوع من البسائط يسمى ببسائط اليد

ولبيان ذلك نفرض خطا شاقوليا فى موضعه الرأسى (س ن) (شكل ٣٨) ونضع بأعلى احدى نقطه (ب) جسما صغيرا يمكن رؤية ظله فاذا كانت الشمس فى (ش) يكون ذلك الظل على استقامة الخط (ب ح) واذا رسمنا من نقطة (ب) العمود (ع عَ) على الخط الشاقولى (س ن) فالعمود المذكور يكون أفق المحل المفروض وتكون الزاوية (ش ب عَ) الواقعة بين هذا العمود والشعاع (ش ب) هى ارتفاع الشمس فى ذلك الوقت

ثم اذا رسمنا من نفس النقطة (ب) العمود (ب دَ) على الشعاع (ش ح) يصنع هذا العمود مع الخط الشاقولى (ب ن) زاوية (ن ب دَ) مساوية لارتفاع الشمس (ش ب عَ) لان زاويتى (ش ب دَ) و (عَ ب ن) قائمتان بالعمل فهما متساويتان

فبطرح الزاوية المشتركة بينهما وهى (عَ ب دَ) يكون الباقيان (ش ب عَ) و (دَ ب ن) متساوين وهو المطلوب

وبناء على ماقدمناه اذا رسمنا على سطح خطين عمودين مثل (ح ب) و (ب دَ) ثم وضعنا فى نقطة تقاطعهما جسما محدثا للظل وعلقنا فيه خطا شاقوليا وجعلنا السطح عموديا على الافق وأحد أطرافه متجها جهة الشمس ثم حركنا السطح باليدين حتى ينطبق الخط (ب ح) على استقامة ظل الجسم المفروض فى (ب) تكون الزاوية الواقعة بين الشاقول (ب ن) والخط (ب لَ) هى ارتفاع الشمس

ويستفاد من ذلك انه اذا جعل طول الشاقول (ب ن) مساويا للخط (ب لَ) واستعملت هذه الآلة فى اليوم التاسع من شهر حزيران من وقت طلوع الشمس الى وقت غروبها وقتا بعد وقت من الصباح الى المساء بحيث ان ظل النقطة (ب) لايفارق الخط (ب ح) ففى وقت الشروق ينطبق (ب ح) على الخط الافقى (ب ع) والخط (دَ ب) على الشاقول (ب ن) وحيثما تصعد الشمس يلزم تغيير وضع السطح لابقاء الظل على الخط (ب ح) واذ ذاك تحدث زاوية بين (ب ن) و (ب لَ) تأخذ فى التزايد الى وقت الزوال وحيث ان الشمس فى هذا الوقت تكون فى غاية ارتفاعها فاذا فرضنا ان هذه الغاية يومئذ مساوية للزاوية (لَ ب ل) يجيء الخط (ب ل) وقت الزوال تحت الشاقول (ب ن) وبعد الزوال يفارقه راجعا فتأخذ زاوية الارتفاع فى التناقص الى أن تغرب الشمس فتصير حينئذ صفرا أعنى أن الخط (ب لَ) يرجع وينطبق على الشاقول (ب ن) والظل (ب ح) على الافق (ب ع) ومن ذلك يعلم ان طرف الشاقول (ن) يرسم فى اليوم المفروض القوس (ل لَ) من وقت الطلوع الى الزوال ثم يرسم عكس هذا القوس أعنى (لَ ل) من وقت الزوال الى الغروب فيمكن حينئذ اعتبار هذا القوس انطواء مسقط من نوع مخصوص للقوس الذى رسمته الشمس فى ذلك اليوم

هذا وفى يومى الاعتدالين الواقعين فى شهرى مارث وايلول نأخذ الخط الشاقولى أطول مما كان ونفرضه مساويا لطول الخط (ب عَ) فاذا أجرينا العمليات المتقدم ذكرها وفرضنا غاية ارتفاع الشمس فى ذينك اليومين مساوية للزاوية (عَ ب ع) يجيء الخط (ب ع) وقت الزوال تحت الشاقول ثم يتباعد عنه الى وقت الغروب فيجيء اذ ذاك الخط (ب عَ) تحت الشاقول ويمكن حينئذ اعتبار القوس (ع عَ) انطواء مسقط من

نوع

نوع مخصوص للقوس الذى ترسمه الشمس من الصباح الى المساء . وكذلك فى اليوم التاسع من كانون الاول اذا جعلنا الشاقول مساويا للطول (ب دَ) وفرضنا غاية ارتفاع الشمس فى ذلك اليوم مساوية للزاوية (دَ ب د) يكون انطواء مسقط القوس الذى ترسمه الشمس فى النهار هو القوس (د دَ)

فالنقط الثلاث (ل ع د) هى نقط الزوال فى الايام الثلاثة المذكورة وهى نقط تلاقى نصف نهار المحل بمدار السرطان ومعدل النهار أى بخط الاستواء ومدار الجدى فيمكن اذن بواسطتها رسم دائرة نصف النهار لان ثلاث نقط تكفى لتعيين الدائرة فاذا رسم قوس دائرة مارّ بالنقط الثلاث (ل ع د) يمكن اعتبار هذا القوس مسقطا من نوع مخصوص للجزء المحصور بين المدارين من محيط نصف النهار وحينئذ يكون القوس المذكور مركبا من النقط المقابلة لغاية ارتفاع الشمس فى جميع أيام السنة فهو اذن خط الزوال أعنى خط الساعة الثانية عشرة وحيث ان خط (لَ دَ) يبين من دائرة الافق الجزء المحصور بين مدار السرطان ومدار الجدى فهو اذن خط الطلوع فى الصباح وخط الغروب فى المساء وحيث ان مساقط أجزاء الدوائر اليومية التى ترسمها الشمس نهارا فى جميع أيام السنة محصورة بين مسقطى المدارين (ل لَ) و (د دَ) فمن اليوم التاسع من شهر حزيران الى التاسع من كانون الاول تأخذ المساقط فى التناقص بالتدريج من (ل لَ) الى (د دَ) ومن التاسع من كانون الاول الى التاسع من حزيران تأخذ فى التزايد من (د دَ) الى (ل لَ) . واذا أريد رسم المساقط المقابلة للايام المحصورة بين اليومين المذكورين أعنى التاسع من شهر حزيران والتاسع من كانون الاول يلزم تعيين غاية الارتفاع لتلك الايام ويكفى فى ذلك أن تزيد على تمام عرض البلد ميل الشمس فى اليوم المطلوب معرفة الغاية فيه اذا كانت الشمس فى البروج الشمالية وأن تطرحه منه اذا كانت فى البروج الجنوبية ثم يرسم من نقطة (ب) خطوط تصنع مع (ب دَ) زوايا مساوية للغايات المذكورة وتعين نقط تلاقى تلك الخطوط بالقوس (ل ع د) ويرسم على كل منها محيط دائرة من المركز (ب) فتكون تلك الدوائر هى المساقط المطلوبة ويمكن اختصار هذا العمل بأن ترسم هذه الدوائر بواسطة الخط الشاقولى حيث انه معلق فى المركز غير أنه يلزم تطويله أو تقصيره بالنسبة لبعد كل نقطة عن المركز المذكور هذا وأما الدوائر اليومية لايام الستة شهور الاخر فحيث انها مقابلة للدوائر الاولى فلا حاجة لرسمها

وحيث ان مساقط الدوائر اليوميـة يمكن رسمها بتدوير الخط الشاقولى حول نقطـة (ب) بعد تطويله بالمقدار اللازم فالرسم الناشئ عن ذلك لابد أن تختلط فيه الخطوط حيث تشغل كل السطح اذا كان صغيرا فلهذا يحسن الاكتفاء برسم المدارين ومنحنى نقط غايات الارتفاع (ل ى) الا أنه يلاحظ بالنسبة لهذا المنحنى انه اذا أريد بيان نقط الغايات فى جميع الايام فان هذه النقط تتقارب جدا بعضها من بعض بحيث لاتكاد تتميز فالاولى تعيين النقط المقابلة لكل يوم ثالث أوخامس ويكتب عليها نمر الاشهر والايام وأما سائر الايام التى تقع نقطها بين نقطتين معينتين فيمكن ايجاد محلها بوجه التخمين ويمكن فى هذا المقام استعمال الجدولين (١٨) و (١) المحررين فى آخر هذا الكتاب بالنسبة لدار السعادة

هذا ومن حيث انه يلزم الآن لاتمام المقصود رسم خطوط الساعات داخل الشكل (ل ى ىَ ل) فلنتكلم على ذلك فنقول

من المعلوم أن السطوح السويعية فى البسائط الزوالية عبارة عن دوائر عظمى مارة بالقطبين تصنع مع سطح نصف النهار زوايا مساوية لخمس عشرة درجة فاذا اعتبرنا اليوم التاسع من حزيران نجد أن الشمس تكون فيه على مدار السرطان كما سيظهر من (الشكل ٣٩) ولا بد فى زوالها أى مجيئها الى سطح نصف النهار من أن ترسم زاوية قطبية مقدارها خمس عشرة درجة فلنفرضها اذن فى (ب) أى على سطح الساعة الحادية عشرة قبل الزوال ولتكن (م) سمت رأس المحل فاذا رسمنا من هاتين النقطتين دائرة عمودية على الافق حدث مايسمى بالدائرة السمتية أودائرة الارتفاع لان ارتفاع الشمس فى ذلك الوقت هو القوس (ب ح) فاذا فرضنا أن هذا الارتفاع معلوم ورسمنا فى (الشكل ٣٨) خطا مارا بالنقطة (ب) صانعا مع (ب لَ) زاوية مساوية للارتفاع المذكور ثم عينا نقطة تلاقى ذلك الخط مع مسقط الدائرة (ل لَ) التى ترسمها الشمس فى اليوم المفروض نكون قد عينا على مسقط مدار السرطان الساعة الحادية عشرة قبل الزوال والساعة الاولى بعده لان طول الخط الشاقولى فى التاسع من حزيران يساوى (ب لَ) وعند الساعة الحادية عشرة قبل الزوال أوالساعة الاولى بعده اذا وضعت الآلة المار ذكرها وضعا عموديا على الافق بحيث يكون أحد أطرافها متجها نحو الشمس فان ظل الجسم (ب) ينطبق على الخط (ب ح) تمام الانطباق ويكون طرف الشاقول على نقطة الساعتين المذكورتين

وحيث

وحيث ان تعيين النقطة المذكورة كما يظهر مما تقدم يتوقف على معرفة ارتفاع الشمس المقابل لنقطة (ب) (شكل ٣٩) فلنبحث الآن عن هذا الارتفاع فنقول

لنفرض (ى) القطب الشمالى (شكل ٣٩) و(م) سمت رأس المحل كما ذكر و (ب) موضع الشمس على مدار السرطان و (م ب ح) دائرة السمت أوالارتفاع و (ى ب م) سطحا سويعيا فيحدث لنا المثلث الكروى (م ب ى) فيه الضلع (م ى) يساوى تمام عرض المحل و (ى ب) يساوى تمام ميل الشمس فى اليوم المفروض والزاوية (م ى ب) المحصورة بين هذين الضلعين تساوى فضل الدائر اللازم فرضه للوقت المطلوب أعنى أنها زاوية سويعية وحيث انه علم من هذا المثلث ضلعان والزاوية المحصورة بينهما فمن السهل استخراج الضلع المجهول (ب م) وهو تمام ارتفاع الشمس أونفس الارتفاع (ب ح) وحل المثلثات الكروية المائلة الزوايا وان كان ممكنا بواسطة قوانين (نابير) متى علم منها ثلاثة أشياء الا أن الاوفق فى حالتنا هذه حلها بالقوانين الآتى ذكرها . لنرسم من سمت الرأس(م)العمود (م ى)على الضلع (ى ب) فيحدث مثلثان قائما الزاوية فباستعمال القوانين المختصة بالمثلثات الكروية التى من هذا القبيل يكون لنا

مماس (ى ى) = مماس (تمام العرض) تمام جيب (الزاوية السويعية)...(١)

ولنا أيضا بالنسبة لنقط الساعات الشمالية

ب ى = ٩٠ — ميل الشمس ± ى ى .... (٢)

وبالنسبة لنقط الساعات الجنوبية

ب ى = ٩٠ + ميل الشمس — ى ى .... (٢)

ثم لنا

تمام جيب (ب م) = تمام جيب (ب ى) تمام جيب(ى م)

تمام جيب (تمام العرض) = تمام جيب (ى ى) تمام جيب (ى م)

أو

$$\frac{\text{تمام جيب (ب م)}}{\text{تمام جيب (ب ى)}} = \text{تمام جيب (ى م)}$$

$$\frac{\text{تمام جيب (تمام العرض)}}{\text{تمام جيب (ى ى)}} = \text{تمام جيب (ى م)}$$

ويتساوى الطرفين الاولين يحدث

$$\text{تمام جيب (ب م)} = \text{تمام جيب (ب ى)} \frac{\text{تمام جيب (تمام العرض)}}{\text{تمام جيب (ن ى)}}$$

ولكن تمام جيب (ب م) = جيب (ب ح) = جيب (ارتفاع الشمس)

$$\text{فاذن جيب (ارتفاع الشمس)} = \text{تمام جيب (ب ى)} \frac{\text{تمام جيب (تمام العرض)}}{\text{تمام جيب (ن ى)}} \quad (٣)$$

فبهذه الكيفية يعلم ارتفاع الشمس المطلوب

(تنبيــــــه)

حيث ان مقدار الزاوية السويعية المذكورة فى القانون الاول يزيد عن تسعين درجة بالنسبة لنقط الساعات القريبة من الصباح والمساء فى الايام التى تكون ساعاتها أكثر من اثنى عشرة ففى هــذه الايام يلزم أخذ (ن ى) فى المعادلة الثانية المختصــة بنصف الكرة الشمالى بعــلامة الزائد وأما بالنســبة لسائر النقط فحيث ان مقــدار الزاوية المذكورة ينقص عن التســعين يؤخــذ (ن ى) بعلامــة الناقص فبالقوانين السالف ذكرها يمكن تعيين ارتفاعات الشمس المقابلة لمواضعها على الدوائر اليومية عند مبادى ساعات أيام السنة أومبادى ارباع ساعاتها وتكون هــذه الارتفاعات نفس ارتفــاعات نقط تلك الدوائر التى كانت عليها الشمس فى الاوقات المذكورة فاذا لاحظنا مع هــذا ماسبق ورسمنا من نقطة (ب) (شكل ٣٨) خطوطا صانعة مع خط (ب ح) زوايا مســاوية لتلك الارتفاعات ثم عينا نقطة تلاقى كل خط بمسقط الدائرة اليومية المقابلة له تحدث عندنا جملة نقط تكون مساقط للنقطة المفروضة على تلك الدوائر فبضم كل جملة نقط منها مقابلة لزمن واحد بخط مستمر يثبت المطلوب

وليلاحظ أن جميع خطوط الســاعات المرسومة بهذه الكيفية هى أقواس دوائر مثل القوس (ل ع ى) ولا يحتاج الامر فى ذلك لتعيين نقط عديدة على كل منها أى لايلزم تعيــين نقط ساعات لكل يوم من أيام الســنة بل يمكن الاكتفاء بالنقط المقابلة ليومى الانقــلابين ويومى الاعتــدالين أى ليــوم انتقــال الشمس من برج الجوزاء الى برج السرطان ويوم انتقالها من برج القوس الى برج الجدى ويوم وجودها على معــدل

النهار

النهار فيؤل الامر الى أن تؤخذ نقط الساعات المعينة على المساقط (ل لَ) و (ذ ذَ) و (ع عَ) المرسومة فى شكلنا ثم يمرّ بكل ثلاث منها قوس دائرة فالاقواس المذكورة تكون خطوط الساعات و يبتدأ فى وضع النمر بخط المشرق ذهابا الى خط الزوال أى الى مسقط مدار الجدى وذلك للساعات التى قبل الزوال وأما للساعات التى بعده فيبتدأ فى وضعها بخط الزوال رجوعا الى خط المغرب أى الى مسقط مدار السرطان وبهذه الكيفية يتمّ رسم خطوط ساعات بسيطة اليد كما ترى فى (شكل ٤٠)

وحيث ان رسم خطوط أرباع الساعات ونحوها بالقرب من خط الزوال يستلزم تلاصقها واختلاطها فالاولى أن لا يرسم شئ من ذلك بين خطى الساعة الحادية عشرة قبل الزوال والساعة الاولى بعده الا اذا كانت البسيطة كبيرة جدّا بحيث لا يشوّه وجهها رسم هذه الخطوط

ثم ان من خطوط الساعات ما لا يقطع مسقطى المدارين بل يبتدئ من مدار السرطان وينتهى على خط المشرق والمغرب فيتعسر حينئذ تعيين النقط على كل ثلاثة من تلك المنحنيات ويصعب رسم الدوائر المطلوبة ولكن يمكن فى هذه الحالة اجراء العمل بالكيفية الآتية وذلك أنه لابدّ لرسم أىّ خط من خطوط الساعات من تعيين ثلاث نقط فرسم بعض تلك الخطوط يكون بواسطة النقط الحادثة على مساقط المدارين وخط الاستواء كما بيناه ورسم بعض آخر يكون بواسطة النقط التى تتعين على مدار السرطان وخط الاستواء وعلى الدائرة اليومية المقابلة ليوم مناسب لذلك ثم رسم الخطوط الباقية التى فى الجهة العليا يكون بواسطة مدار السرطان والنقط التى تتعين على مسقطى دائرتين ليومين مناسبين لذلك ثم يرسم بواسطة كل ثلاث نقط قوس دائرة بأن توصل احداها بالاثنتين الاخريين بخطين مستقيمين ويقام على وسطيهما عمودان يتلاقيان فى المركز وبذلك يمكن رسم جميع خطوط الساعات بغاية الدقة

(فى بيان نقط تقاسيم الاشهر)

(٨٣) قد بينا فيما سبق لزوم تعيين غايات الارتفاع فى أيام معلومة من أشهر السنة ونوهنا بذكر الجدولين (١٨) و (١) المندرجة فيهما تلك الغايات بالنسبة للاستانة العلية و بحسابها لكل ثلاثة أيام أو خمسة وحيث ان هذه الغايات توجد بالضرورة على خطوط الساعات الاثنتى عشرة وتعيين النقط المقابلة لها على تلك الخطوط وكتابة أسماء الشهور بازائها يوجبان اختلاطا فى الكتابة والرسم فالاوفق رسم ستة أقواس دائرية

على يمين البسيطة كما ترى فى (الشكل ٤٠) بحيث تكون موازية لخط الساعة الثانية عشرة أى انها ترسم من نفس مركز الخط المذكور وتحدد الاربعة الوسطى المتقارب بعضها من بعض بمسقطى المدارين ثم تعين نقط الارتفاعات لكل خمسة أيام مثلا على خط الساعة الثانية عشرة وتنقل تلك النقط الى مابين الاثنتين من الدوائر الوسطى للاشهر التى بين ٩ حزيران و ٩ كانون الاول وذلك برسم أقواس من نقطة (ب) التى هى مركز المدارين ثم تنقل النقط الاخرى المقابلة للستة شهور الباقية بين الدائرتين الاخيرتين وتكتب بعد ذلك النمر امام النقط المتعلقة بها وكذلك أسماء الشهور كما ترى فى الشكل . هذا واذا أريد قفل خانتى حزيران وكانون الاول برسم قوسان (ں ں َ) بوصل رؤس المنحنيين

(فى صورة الخط الشاقولى)

(٨٤) عند مارسم (الشكل ٣٨) يلزم أن يكون مسقط خط الاستواء (ع عَ) على بعد واحد من مسقطى المدارين (ل لَ) و (ء ءَ) والبعد المذكور (لَ ءَ) لابد من أن يكون أقصر من طول الخط (ب لَ) ثم بعد ذلك يؤخذ الخط الشاقولى على صورة ابرتين متداخلتين احداهما فى الاخرى كما ترى فى (شكل ٤١) طرف احداهما (ط) دقيق ورأس الاخرى (ص) يمكن تعليقها منه فى نقطة (ب) بمسمار برنجى بحيث يكون فى الوسط بالضبط ويمكن تحرك الشاقول حوله بغاية السهولة

أما الجسم اللازم وضعه فى نقطة (ب) (شكلى ٣٨ و ٤٠) ليحدث ظلا على سطح البسيطة فيجب أن يوضع فى محل آخر حيث ان هذه النقطة قد شغلت بالمسمار المذكور

فلترسم خط (هـ هـَ) من أعلى النقطة (ب) موازيا لظل النقطة المذكورة (ب ع) ونضع فى نقطة (هـ) مسمارا برنجيا دقيقا عموديا على سطح البسيطة طوله ميلليمتران أو ثلاثة فيكون هو الجسم المطلوب

لان أشعة الشمس يمكن اعتبارها موازيا بعضها لبعض وسيان اذن كون الظل فى نقطة (ب) على استقامة خط (ب ع) أوفى نقطة (هـ) على استقامة (هـ هـَ) الموازية للاولى . هذا ومن الضرورى ان يرسم شكل البسيطة بالطرق

المتقدمة على وريقة ثم تلصق على لوحة لامكان وضع المسمارين المارّ ذكرهما في محليهما

(في رسم بسيطة زوالية يدية لعرض الاستانة العلية)

(و بيان بعض مواد اخرى)

(٨٥) لترسم من نقطة (ب) شكل (٤٠) خطين عموديين (ب ع) و (ب دَ) ونفرض (ب دَ) خط المشرق والمغرب ونأخذ على هذا الخط نقطة (عَ) بحيث يكون بعد (عَ ب) أطول من (لَ دَ) و (لَ عَ) = (عَ دَ) ونرسم من المركز (ب) بالبعدين (ب لَ) و (ب دَ) مسقطى مدارى السرطان والجدى فاذا أخذنا من الجدول (٢) المذكور في اخر الكتاب ارتفاعات الشمس للايام الثلاثة المذكورة ورسمنا زوايا مساوية لها في نقطة (ب) فكل ضلع منها يلاقى مسقط دائرة الشمس المقابلة له ويحدث من ذلك ثلاث نقط اذا ضممنا بعضها الى بعض بقوس دائرة نكون قدرسمنا خط الساعة الثانية عشرة أى خط الزوال وأما خطوط الساعات الاخرى فترسم بالطريقة الآتية

(في رسم خطوط الساعات)

(٨٦) اذا تأملنا في (الشكل ٣٩) نرى انه يحدث عند كل نقطة من النقط التى تكون فيها الشمس قبل الزوال وبعده في أول كل ربع ساعة على كل من مدار السرطان وخط الاستواء ومدار الجدى مثلث يمكن حله بواسطة القوانين المارّ ذكرها و بتبديل زاويته المتكونة عند القطب بالنسبة لكل نقطة من تلك النقط يعلم ارتفاع الشمس

مثال ذلك اذا كان (عرض البلد = ٤١°) ففى ٩ حزيران عندما تكون الشمس في الدرجة الثلاثين من برج الجوزاء أوفى الدرجة الاولى من برج السرطان يكون ميلها = ٣٠ً ور ٢٧َ ور ٢٣°

وقبل الزوال بساعة أوبعده بساعة حيث ان فضل الدائر أى الزاوية الساعية = ١٥° ينتج من القوانين المارّ ذكرها أن

مماس (ن ى) = مماس (تمام العرض) × تمام جيب (الزاوية الساعية) ...(١)

ب ى =(ميل الشمس) — ن ى .... (٢)

جيب (ارتفاع الشمس) = تمام جيب (ب ى) $\frac{\text{تمام جيب (تمام العرض)}}{\text{تمام جيب (ن ى)}}$ ... (٣)

(١)
لوغا مماس (تمام العرض) = لوغا مماس ٤٩° = ٠,٠٦٠٨٣٦٩
لوغا تمام جيب (الزاوية الساعية) = لوغا تمام جيب ١٥° = ٩,٩٨٤٩٤٣٨
لوغا مماس (ن ى) = ٠,٠٤٥٧٨٠٧
واذن ن ى = ٥١″ ,, ٠٠′ ,, ٤٨°

(٢)
٠٠″ ,, ٠٠′ ,, ٩٠°
ميل الشمس = ٣٠ ,, ٣٧ ,, ٢٣
٣٠ ,, ٣٢ ,, ٦٦
ـــ ن ى = ٥١ ٠٠ ٤٨
ب ى = ٣٩ ٣١ ١٨

(٣)
لوغا تمام جيب (ب ى) = لوغا تمام جيب ٣٩″ ٣١′ ١٨° = ٩,٩٧٦٨٨٦٨
لوغا تمام جيب ٤٩° = ٩,٨١٦٩٤٢٩
تمام عدد لوغا تمام جيب ٥١″ ٠٠′ ٤٨° = ٠,١٧٤٦٠٨٤
لوغا جيب (ارتفاع الشمس) = ٩,٩٦٨٤٣٨١
واذن ارتفاع الشمس فى الوقت المطلوب = ١١″ ٢٥′ ٦٨°

وبالتامل فى هذه العملية يرى أنه فى اليوم المذكور قبل الزوال بساعة أى عند تمام الساعة الحادية عشرة أو بعده بساعة أى عند تمام الساعة الاولى يكون ارتفاع الشمس مساويا للثمان وستين درجة وخمسة وعشرين دقيقة واحدى عشرة ثانية . وقد حسبنا بهذه الطريقة كافة ارتفاعات الشمس بالنسبة للنقط الاخرى وأدرجناها فى الجدول (٢) ولكن لم نذكر فيه الثوانى لان رسم الزاوية يكون بالمنقلة فلا لزوم لمعرفة الثوانى

وجميع ماقلناه فيما سبق انما يتعلق بنقط الساعات التى تفرض فوق الافق ولما كان من الضرورى معرفة بعض أوقات تكون فيها الشمس تحت الافق كاوقات الامساك والعشاء أضفنا فى الجدول المذكور بعض ارتفاعات للشمس متعلقة بتلك الاوقات حسبناها على المنوال المشروح سابقا . فاذا أخذنا تلك الارتفاعات ورسمنا من نقطة (ب) بالمنقلة خطوطا تصنع مع (ب ى) زوايا مساوية لها أى للارتفاعات المذكورة

وعينا على كل من مدارى السرطان والجدى وخط الاستواء نقط الساعات المقابلة لهذه الارتفاعات ورسمنا على كل ثلاث نقط من هذه النقط قوس دائرة نتحصل على رسم خطوط الساعات المبينة فى (الشكل ٤٠) وأطوالها المحصورة بين المدارين ولتمام العمل برسم خط (ب م) بحيث يصنع مع (ب ىَ) فى جهة يساره زاوية مساوية لاجدى وعشرين درجة ونصف درجة وتمد خطوط الساعات الى هذا الخط وتوضع الارقام بحيث ان أرقام ما قبل الزوال تكون فى الاسفل من خط المشرق والمغرب الى خط الزوال وأرقام ما بعد الزوال تكون فى الاعلى من خط الزوال الى خط المشرق والمغرب . وحيث ان خطوط ارباع الساعات التى قبل خط الزوال بساعة واحدة وبعده بساعة تتقارب جدًا حتى يكاد يتلاصق بعضها ببعض فالاحسن صرف النظر عن رسمها

(فى بيان تقسيمات الشهور)

(٨٧) قد قسمنا فى المنحنى (ن نَ) (شكل ٤٠) فى كل جهة ستة بروج الى درجاتها فلا يمكن استعمال الآلة اذن الا بعد معرفة البرج الذى فيه الشمس والدرجة الحالة بها فى اليوم المراد استعمال تلك الآلة فيه ويمكن الاستغناء عن هذا البحث الذى لايخلو عن صعوبة بتعيين محلات أول كل خمسة أيام من الشهور الشمسية وبهذا يقل اختلاط الرسم ويسهل ايجاد سائر الايام وقد حررنا فى الجدول (١) غاية ارتفاع الشمس لأول كل خمسة أيام من الشهور المذكورة فاذا لاحظنا أن

غاية الارتفاع = تمام العرض + ميل الشمس (للجهة الشمالية)

وغاية الارتفاع = تمام العرض — ميل الشمس (للجهة الجنوبية)

يمكننا بواسطة الجدول المذكور معرفة الارتفاع المطلوب لأىّ يوم كان واذا لوحظ ماذكر فى المادة (٨٣) ورسم من (ب) خطوط تصنع مع (ب ىَ) زوايا مساوية للارتفاعات فان تلك الخطوط تقطع خط الساعة الثانية عشرة أعنى قوس الزوال فى نقط ثم اذا رسمت من المركز (ب) أقواس تمر بكل نقطة من تلك النقط فانها تقطع الاثنين من المنحنيات المرسومة داخل (ن نَ) موازية لخط الزوال المذكور على نقط أيام الستة شهور الاول والمنحنيين الآخرين فى نقط أيام الستة شهور الاخرى فبتحديد تلك الاقواس ووضع أسماء الاشهر يثبت المطلوب واذا كان الرسم كبيرا يمكن تعيين نقط جميع الايام

(فى بيان سمت القبلة وأوقات الصلوات الخمس والعيد والامساك)

(٨٨) ان بسيطة اليد مع صغرها يمكن وضعها على حالة مفيدة جدا بحيث تستعمل بدلا من التقويمات . ولبيان ذلك يقال حيث انه اذا أخذ على دائرة السمت قوس مساو لاحدى وعشرين درجة ونصف تحت خط الافق من جهة الشرق يتعين وقت الامساك فاذا رسمنا (ب م) بحيث يصنع مع (ب ىَ) الزاوية المذكورة يكون خط (ب م) هو خط الامساك ثم اذا رسمنا خطا آخر بحيث يصنع مع (ب ىَ) زاوية مساوية لثمان عشرة درجة يكون هذا الخط خط وقت العشاء اذا اعتبر بعد الغروب وخط الفجر اذا اعتبر قبل الشروق وأما خط (ب ىَ) فهو خط الطلوع والغروب كما سبق بيانه واذا رسم على يمينه خط (ب ٧) بحيث يصنع معه زاوية مساوية لخمس درجات يكون هو خط صلاة العيد وسيأتى كيفية استخراج وقت العصر وسمت القبلة وأما وقت الظهر فيعلم بالضرورة من خط الزوال

(فى تعيين وقت العصر)

(٨٩) لتعيين وقت العصر طريقتان مختلفتان مبنيتان على قولين للفقهاء . أحدهما قول أبى يوسف ومحمد وهو أن يؤخذ فى وقت الزوال جسم قائم ويضاف مقدار طوله الى ظله فى ذلك الوقت وعندما يصير ظل الجسم بعد الزوال مساويا لمجموع هذين الطولين يدخل وقت العصر ويسمى هذا الوقت بالعصر الاول . وثانيهما قول الامام الاعظم أبى حنيفة وهو ان يضاف الى ظل الجسم المذكور وقت الزوال ضعف طوله وعند ما يصير الظل مساويا للمجموع يدخل وقت العصر ويسمى هذا بالعصر الثانى . ليكن (م ح) (شكل ٤٢) جسما عموديا على الافق و (ب ح) طول ظله وقت الزوال فعند ما يصير طوله مساويا للمجموع (ب ح + ح م) يجىء وقت العصر الاول وعند ما يكون مساويا للمجموع (ب ح + ٢ ح م) يجىء وقت العصر الثانى ولحساب هذين الوقتين لاى يوم كان يقال

$$\frac{\text{ب ح}}{\text{ح م}} = \text{مماس (ب م ح)}$$

$$= \text{مماس (حَ مَ بَ)}$$

$$= \text{تمام مماس (بَ م ل)}$$

بفرض ان (بَ م ل) غاية ارتفاع الشمس لليوم المطلوب

واذا

واذا فرضنا (حـ م) مساويا للواحد يكون

ب حـ = تمام مماس (غاية الارتفاع) ....(١)

ومنه

١+ب حـ / ١ = ١ + ب حـ = تمام مماس (الارتفاع فى العصر الاول)....(٢)

و ٢ + ب حـ = تمام مماس (الارتفاع فى العصر الثانى) ......(٣)

لنفرض ان الشمس فى الدرجة (٣٠) من برج الجوزاء وان غاية الارتفاع = ٣٠″ ،، ٢٧′ ،، ٧٢° فنجد

(١)
لوغا تمام مماس (غاية الارتفاع) = ٩،٤٩٩٨٢٢٤ − ١٠
لوغا (ب حـ) = ١،٤٩٩٨٢٢٤‾
واذن ب حـ = ٠،٣١٦١

١ + ب حـ = ١،٣١٦١
٢ + ب حـ = ٢،٣١٦١

(٢)
لوغا (١،٣١٦١) = لوغا (١ + ب حـ) = ٠،١١٩٢٨٨٩ + ١٠
لوغا تمام مماس (ارتفاع الشمس فى عصر أول) = ١٠،١١٩٢٨٨٩
واذن ارتفاع الشمس لعصر أول = (٤٢″ ،، ١٣′ ،، ٣٧°)

(٢)
لوغا (٢ + ب حـ) = لوغا (٢،٣١٦١) = ٠،٣٦٤٧٥٧٣ + ١٠
لوغا تمام مماس (ارتفاع الشمس فى عصر ثانى) = ١٠،٣٦٤٧٥٧٣
واذن ارتفاع الشمس لعصر ثانى = (١٠″ ،، ٢١′ ٢٣°)

فيعلم من هذه الحسابات أنه اذا كانت الشمس فى الدرجة الثلاثين من برج الجوزاء أى فى اليوم التاسع من شهر حزيران يدخل وقت العصر الاول حينما يكون ارتفاع الشمس سبعا وثلاثين درجة وثلاث عشرة دقيقة واثنتين وأربعين ثانية بعد الزوال ويدخل وقت العصر الثانى حينما يكون الارتفاع ثلاثا وعشرين درجة واحدى وعشرين دقيقة وعشر ثوان

ومن ذلك يرى أنه اذا استعملت هذه الطريقة لايجاد الوقتين المذكورين فى أيام معينة ورسمت من نقطة (ب) مساقط الدوائر اليومية المقابلة لهذه الايام بين المدارين ثم

رسمت من نقطة (ب) خطوط صانعــة مع (ب ىَ) زوايا مسـاوية للارتفاعات التى تستخرج فتقطع هذه الخطوط المساقط التى ذكرناها وبضم نقط التقاطع بمنحن يحدث خط العصر وقد عملنا ذلك فى (الشـكل ٤٠) فحـدث لنا المنحنيان المكتوب عليهـما العصر الاول والعصر الثانى ومحونا سائر الخطوط التى قدمنا القول عليهـا طلبا لنظافة الرسم

(فى تعيين سمت القبلة)

(٩٠) لما كانت الكعبة المعظمة التى بمكة المكرمة زادها الله شرفا قبلة كافة المسلمين ومتجه جميع المحمدين بحيث يجب على كل مسلم فى أىّ نقطة من نقط الكرة الارضية أن يؤدّى فريضة الصلاة وهو مستقبل تلك الجهة المباركة كان من الواجب علينـا أن نذكر هنا مايلزم لتعيين سمتها بغاية الدقة فنقول

ليكن (ب) القطب الشمالى (شكل ٤٣) و (ح) مكة المكرمة و (ى) نقطة على الكرة الارضية مطلوبا تعيين سمت قبلتهـا وحيث انه يمكن معرفة طولى وعرضى مكة المكرمة وهـذه النقطـة من كتب الجغرافية أومن الخرط فبطرح العرضين من ٩٠ درجة يعلم القوسان (ب ح) و (ب ى) وهما ضلعان من المثلث الكروى (ب ح ى) وأما الزاوية (ى ب ح) المحصورة بينهـما فهى معلومـة أيضـا لانها عبارة عن الفرق بين طولى نقطتى (ح) و (ى) فيمكن حينئذ حلّ هذا المثلث بالقوانين التى سنذكرها ومتى علمنا الزاوية (ب ى ح) نطرح منها تسعين درجة فالبـاقى مقدار سمت القبلة ولو طرحت هى من مائة وثمـانين درجة يكون الباقى انحراف القبلة وهو زاوية (ب ى ح) وتحصـل حينئذ على المطلوب

لنرسم من نقطـة (ى) العمود (ى م) على (ب ح) فيحدث مثلثـان قائمـا الزاوية (ب م ى) و (ى م ح) ونجد فى الاوّل منهما

مماس (أحد الاضلاع) = مماس (الوتر) × تمام جيب (الزاوية المحصورة بينهما)(١)

فبهذا القانون تستخرج قيمة (ب م) ثم نجد فى نفس المثلث المذكور

تمام جيب (الوتر) = تمام جيب (العمود) × تمام جيب (القاعدة) . . . (٢)

وتستخرج منه قيمة (م ى) ثم نجد

مماس (أحد الضلعين) = مماس (الزاوية المقابلة له) × جيب (الضلع الآخر) .(٣)

ومنه نعلم مقدار الزاوية (ب ى م) ثم الزاوية (ح ى م)

(مثال)

(مثال ذلك)

اذا اريد استخراج سمت القبلة بالنسبة للاستانة العلية نقول حيث انه يعلم من كتب الجغرافية والخرط أن عرضها يعادل ٤١° شماليا وطولها بالنسبة لمدينة باريس يساوى ستا وعشرين درجة وتسعا وثلاثين دقيقة شرقيا وأن عرض مكة المكرمة يساوى احدى وعشرين درجة وثلاثين دقيقة شماليا وطولها بالنسبة لباريس يساوى سبعا وثلاثين درجة وثمانيا وأربعين دقيقة فيكون الفرق بين الطولين المذكور هو احدى عشرة درجة وتسع دقائق على شرقى دار السعادة فاذا وضعت هذه المعلومات فى القوانين السابقة يحدث سمت القبلة وانحرافها بالكيفية الآتية

(١)
لوغا مماس ٤٩° = ٠٫٠٦٠٨٣٦٩
لوغا تمام جيب ٩َ ٠ ,, ١١° = ٩٫٩٩١٧٢٤٠
لوغا مماس (ب م) = ٠٫٠٥٢٥٦٠٩
واذن ب م = ٣٣ً ,, ٢٧َ ,, ٤٨°

ب ح = تمام (عرض مكة) = ٠٠ ,, ٠ ,, ٣َ ,, ٦٨°
— ب م = ٣٣ ,, ٢٧ ,, ٤٨

ب ح — ب م = م ح = ٢٧ ,, ٠٢ ,, ٢٠

(٢)
لوغا تمام جيب ٤٩° = ٩٫٨١٦٩٤٢٩
لوغا تمام جيب ٣٣ً ,, ٢٧َ ,, ٤٨° = ٩٫٨٢١٦١٤٣
لوغا تمام جيب (م ى) = ٩٫٩٩٥٣٢٨٦
واذن م ى = ٢٠ً ,, ٢٣َ ,, ٠٨°

(٣)
لوغا مماس (ب م) = ٠٫٠٥٢٥٦٠٩
لوغا جيب (م ى) = ٩٫١٦٤٠٢٩٠
لوغا مماس (ب ى م) = ٠٫٨٨٨٥٣١٩
واذن (ب ى م) = ٥ً ٠ ,, ٣٨َ ,, ٨٢°

(٣)
لوغا مماس (م ح) = ٩٫٥٦٢٠٢٧٨
لوغا جيب (م ى) = ٩٫١٦٤٠٢٩٠
لوغا مماس (ح ى م) = ٠٫٣٩٧٩٩٨٨
واذن ح ى م = ٤ً ٠ ,, ١٢َ ,, ٦٨°

ب ء م = ٠٥ ,, ٣٨ ,, ٨٢

ب ء ح = ب ء م + ح ء م = ٠٩ ,, ٥٠ ,, ١٥٠

٩٠

فسمت القبلة من الجنوب الى الشروق = ٠٩ ,, ٥٠ ,, ٦٠

وانحراف القبلة = ١٨٠ ـــ ب ء ح = ٥١ ,, ٠٩ ,, ٢٩ من الجنوب الى الشرق

ويتبين من ذلك أن سمت القبلة فى دار السعادة ينحرف من الشرق نحو الجنوب عن دائرة مبدأ السموت العمودية على نصف النهار بمقدار ستين درجة وخمسين دقيقة وتسع ثوان ومن الجنوب نحو الشرق بقدر تسع وعشرين درجة وعشر دقائق بالتقريب فاذا رسمنا فى دار السعادة خطا أفقيا متجها الى الجنوب كما ترى فى (شكل ٤٤) فسمت القبلة يكون على اتجاه المستقيم الصانع مع ذلك الخط زاوية (م) المساوية لتسع وعشرين درجة وتسع دقائق واحدى وخمسين ثانية

مسـئلة

(كم درجة يلزم أن يكون ارتفاع الشمس فى أى يوم من أيام السنة ليدل ظل جسم رأسى على اتجاه القبلة بالتمام)

(٩١) لنفرض ان المقصود معرفة ذلك فى دار السعادة ونأخذ اليوم التاسع من حزيران ونبحث عن الارتفاع الذى فيه يدل ظل خط شاقولى على اتجاه القبلة فنقول ليكن (م) سمت الرأس فى اسلانبول (شكل ٤٥) و (م هـ) سمت القبلة هنالك و (ن نَ) الدائرة اليوميـة التى ترسمها الشمس يوم انتقالها من برج الجوزاء الى برج السرطان أعنى مدار السرطان فعند ما تجىء الشمس فى نقطة (ب) يستعلم اتجاه مكة المكرمة بالكيفية المطلوبة وحيث ان ارتفاع الشمس اذ ذاك هو (ب هـ) فلو أمكن ابتداء معرفة الوقت الذى يكون فيه ارتفاع الشمس مساويا لهذا القوس (ب هـ) لتعينت جهة القبلة بظل الخط الرأسى على وجه الارض فاذا وصلنا نقطة (ب) بالقطب (ح) يحدث مثلث كروى (ح م ب) ضلعه (ح ب) يساوى تمام ميل الشمس فى اليوم المفروض و (ح م) تمام عرض المحل وزاوية (ح م ب) متمم زاوية انحراف القبلة فلو علمت هذه المقادير الثلاثة الضلعين والزاوية المحصورة بينهما لأمكن استخراج تمام الارتفاع (م ب)

بواسطة

بواسطة القانونين الآتيين و بطرحه من تسعين درجة يستعلم نفس الارتفاع المطلوب (ب هـ) أما القانونان فهما

جيب (ح ب م) = جيب (ح م ب) جيب (م ح) / جيب (ب ح) .... (١)

مماس ½ م ب = تمام جيب ½ (ح م ب + ح ب م) مماس ½ (ح ب + ح م) / تمام جيب ½ (ح م ب ـ ح ب م) ... (٢)

فلو أخذنا المثال السابق بالنسبة لدار السعادة نقول

عرضها = ٤١° وتمامه = ٤٩° = ح م

وزاوية (ح م ب) = ٩٠° ,, ٥٠' ,, ١٥٠"

وزاوية انحراف القبلة = ١'٥ ,, ٩٠' ,, ٢٩° من الشرق الى الجنوب

وبملاحظة أن جيب أى زاوية يساوى جيب متممها يكون ميل الشمس فى آخر برج الجوزاء مساويا الى ٠"٣ ,, ٧'٢ ,, ٢٣° وتمام (ميل الشمس) = ح ب = ٠"٣ ,, ٢'٣ ,, ٦٦°

(١)

لوغاجيب (ح م ب) = لوغاجيب ١"٥ ,, ٩'٠ ,, ٢٩° = ٩,٦٨٧٨٠٨٥

لوغاجيب ٤٩° = ٩,٨٧٧٧٧٩٩

تمام عدد لوغاجيب ٠"٣ ,, ٢'٣ ,, ٦٦° = ٠,٠٣٧٤٦٥٠

لوغاجيب (ح ب م) = ٩,٦٠٣٠٠٥٣٤

واذن ح ب م = ٨"٠ ,, ٨'٣ ,, ٢٣°

ح م ب = ٩٠ ٥٠ ١٥٠

½ (ح م ب + ح ب م) = ٨"٠ ,, ٤'١ ,, ٨٧°

½ (ح م ب ـ ح ب م) = ٠٠ ,, ٣٦ ,, ٦٣

ح م = ٠٠ ,, ٠٠ ,, ٤٩

ب ح = ٣٠ ,, ٣٢ ,, ٦٦

واذن ½ (ح ب + ح م) = ٥"١ ,, ٤٦' ,, ٥٧°

(٢)

لوغاتمام جيب ½ (ح م ب + ح ب م) = لوغاتمام جيب ٨"٠ ,, ٤'١ ,, ٨٧° = ٨,٦٨٣٣١٦٧

لوغا مماس ½ (ح ب + ح م) = لوغا مماس ٥"١ ,, ٦'٤ ,, ٥٧° = ٠,٢٠٠٣٥٢٩

تمام عدد لوغاتمام جيب ½ (ح م ب ـ ح ب م) = تمام عدد لوغاتمام جيب ٦'٣ ,, ٦٣° = ٠,٣٥١٩٩٦٢

لوغا مماس ½ (ب م) = ٩,٢٣٥٦٦٥٨

واذن ½ ب م = ٤"٤ ,, ٥'٤ ,, ٩°

م ب = ٢٨″ ،، ٣١′ ،، ١٩° = تمام (ارتفاع الشمس)

فيظهر أن ارتفاع الشمس = ٣٢″ ،، ٢٨′ ،، ٧٠°

واذا حسب ارتفاع الشمس بهذه الكيفية فى أيام ما تكون على المدارين وخط الاستواء وفى بعض الايام الوسطى ثم رسم من نقطة (ب) (شكل ٤٠) على بسيطة اليد التى نحن بصددها خطوط صانعة مع خط المشرق والمغرب زاويا مساوية لتلك الارتفاعات يقطع كل خط من هذه الخطوط مسقط الدائرة اليومية المقابلة له على نقطة من ضمن نقط سمت القبلة فنى مثالنا نرسم من نقطة (ب) خط (ب ط) بحيث يصنع مع (ب لَ) زاوية مساوية لسبعين درجة وثمان وعشرين دقيقة واثنتين وثلاثين ثانية ونمده الى أن يقطع مدار السرطان فى نقطة (ط) وتكون هى من ضمن نقط سمت القبلة فاذا عينت نقط أخرى بهذه الكيفية على مدار الجدى وخط الاستواء وسائر الخطوط ثم ضمت جميعها يحدث خط منحن يكون هو سمت القبلة وبهذا يتم انشاء بسيطة اليد

(فى كيفية استعمال بسيطة اليد)

(٩٢) بعد تكميل رسم بسيطة اليد بالقواعد المتقدم ذكرها ترسم دائرة حول جميع الخطوط (شكل ٤٠) ويمزق الورق الخارج عن محيطها اذلا ضرورة لابقائه ثم تؤخذ علبة على جرم الورقة المرسومة عليها البسيطة ذات غطاء لولبى يفتح ويغلق وتلزق البسيطة على هذا الغطاء من الداخل ثم تثبت الابرة والشاخص العمودى فى محلهما بغاية الدقة بالطرق التى سبق تعريفها وحينئذ يمكن استعمالها بالطريقة الآتى ذكرها نعم ان القواعد التى تقدمت الى الآن لرسم هذه البسيطة قد فهم منها أيضا كيفية استعمالها ولكن بالنسبة للساعات الزوالية مع أنه يمكن استعمالها أيضا للساعات الغروبية فلهذا السبب رأينا ذكر الايضاحات الآتية واليك بيانها

ان بسيطة اليد التى نحن بصددها الآن يمكن أن تستعمل فى جميع البلاد التى على عرض احدى واربعين درجة بصفة آلة ارتفاع وبصفة تقويم سنوى لان الخطوط الفاصلة للشهور المرسومة على يمين الشكل منقسمة بخطوط صغيرة اذا اعتبرت على استقامة كتابة اسم الشهر المقابل لها فانها تبين أوائل الشهور واليوم الخامس منها والعاشر والخامس عشر والعشرين والخامس والعشرين وآخر كل شهر ماعدا شهرى

حزيران وكانون الاول فان تلك الخطوط تبين منهما اليوم العاشر والسابع عشر والرابع والعشرين والآخر فقط وبواسطة الابرة المصنوعة من معدن التى توضع على بسيطة اليد يمكن تعيين شروق الشمس وغروبها فى كل يوم والظهر والعصرين والعشاء والامساك والفجر ووقت صلاة العيد ومدّة الليل والنهار ثم بواسطة الابرة المذكورة والشاخص العمودى فى نقطة (هـ) يمكن فى أثناء رؤية الشمس أخذ الارتفاع لتعديل الساعات وتعيين سمت القبلة

(فى كيفية استعمال الابرة لتعيين الاوقات المذكورة ومدّة الليل والنهار)

اذا أردنا معرفة الوقت فى أىّ يوم كان من أىّ شهر فرض تؤخذ الابرة المعلقة فى نقطة (ب) على البسيطة وتطول أوتقصر حسب ماتقتضى الحاجة حتى يجىء طرفها على النقطة المقابلة لذلك اليوم من النقط التى انقسمت على البروج على يمين البسيطة فيتعين بعد النقطة المذكورة من نقطة (ب) ثم تحرّك الابرة حول نقطة تعليقها (ب) المذكورة الى أن تجىء على خط الوقت المطلوب فخط الساعة الذى يقع عليه طرف الابرة يدل على ذلك الوقت فاذا قرئ أحد العددين اللذين على طرفى هذا الخط تعلم الساعة الزوالية للوقت المبحوث عنه . ولمعرفة أىّ هذين العددين يدل على الوقت المطلوب يلاحظ أنه اذا كان هذا الوقت من الاوقات التى قبل الزوال كالامساك والفجر والشروق وصلاة العيد والظهر يؤخذ العدد الدال على ساعات الصباح واذا كان الوقت من الاوقات التى بعد الزوال كالعصرين والغروب والعشاء يؤخذ العدد الدال على ساعات المساء

(فى كيفية استعمال الابرة والشاخص

لتعديل الساعات بأخذ الارتفاع وتعيين جهة القبلة)

لاخذ الارتفاع فى أىّ يوم يؤخذ طرف الابرة ويوضع على نقطة ذلك اليوم بالكيفية المتقدم ذكرها ثم توضع البسيطة عمودية على الافق واحد جانبيها متجه نحو الشمس بحيث يقع ظل الشاخص الذى فى (هـ) على استقامة الخط (هـ هـَ) ثم تترك الابرة حتى تأخذ موضعها الرأسى الطبيعى فخط الساعة الذى يقع عليه طرفها يدل على الوقت المطلوب فتعدّل الساعات على ذلك . ولنلاحظ هنا أيضا أنه يلزم أخذ أحد العددين المرقومين على خط الساعة باعتبار كون الوقت المطلوب من الاوقات التى قبل الزوال أوالتى بعده فان كانت من الاوقات التى قبله يؤخذ العدد الدال على ساعات

الصباح والا فساعات المساء . وأما جهة القبلة فتعين بهذه الكيفية بوضع طرف الابرة على نقطة اليوم المفروض كما تقدم وتحرك حتى تجيء على خط سمت القبلة ثم تعين ساعة الصباح المقابلة لخط الساعة الواقع عليه طرف الابرة المذكورة وبحفظ فى النفس ثم ينتظر الوقت الذى تدل فيه ساعة زوالية مضبوطة على ساعة الصباح المذكورة فتكون القبلة على اتجاه الشمس فى ذلك الوقت

(تنبيه)

جميع القواعد التى ذكرناها الى هنا تتعلق باستخراج الساعات الزوالية وقد تدعو الحاجة الى معرفة الساعات الغروبية فيلزم حينئذ تحويل الساعات الزوالية الى ساعات غروبية وهذا التحويل متوقف على معرفة وقت الظهر فى اليوم المفروض فيلزم اجراء العمل بالكيفية الآتى ذكرها

وذلك بان تؤخذ الابرة ويوضع طرفها على نقطة اليوم المذكور كما تقدم مثاله ثم تحرك قليلا قليلا حول نقطة (ب) الى أن تجيء على خط المشرق والمغرب وتبين خط الساعة الذى يقع عليه الطرف المذكور فالعدد الموجود على هذا الخط الدال على ساعات صباحية يبين وقت الظهر المطلوب بالنسبة للساعة الغروبية وعلى ذلك اذا ضم هذا الوقت الى الساعات الزوالية لاى وقت كان من الاوقات التى تكلمنا عليها فى المواد السابقة أوالى الساعة التى تتعين بأخذ الارتفاع يكون المجموع هو الوقت المطلوب بالساعة الغروبية . واذا تجاوز هذا المجموع اثنى عشر يلزم أن يطرح منه اثنا عشر ويجرى العمل على الباقى . واذا ضعفنا وقت الظهر المذكور نتحصل على مدة الليل ووقت الشروق بالساعة الغروبية وبطرح مدة الليل من أربع وعشرين تبقى مدة النهار

هذا وقد فرضنا فيما تقدم ان طرف الابرة يقع على أحد خطوط الساعات فان وقع عليه بالتمام علم الوقت المطلوب بالضبط ولكن ان لم يقع عليه بالتمام ووقع مابين خطين من خطوط الساعات يلاحظ أن تلك الخطوط رسمت على بعد ارباع الساعات وان طرف الابرة قد وقع فى مسافة خمس عشرة دقيقة فبوجه التخمين يتحدد عدد الدقائق ويضم الى عدد الساعات أو يطرح منه على حسب سهولة الاحوال

وحيث اننا قسمنا أيام الشهور خمسة خمسة ماعدا حزيران وكانون الاول لان الاول

قسم

قسم الى عشرة عشرة والثانى الى سبعة سبعة كذلك يلزم تعيين الايام التى لم يرسم لها خطوط مخصوصة بواسطة الفراغ الواقع مابين كل خطين صغيرين بوجه التخمين

واعلم أن الموقتين لزيادة الضبط يطرحون ثمان دقائق من الساعة المصححة على أخذ الارتفاع كما سبق تعريفه ويسمون ذلك تمكينا

(أمثلة على العمليات المتقدم ذكرها)

اذا أريد استخراج الاوقات الخمسة وسائر الاوقات فى اليوم الرابع من كانون الثانى مثلا يوضع طرف الابرة على نقطة ذلك اليوم وتحرك حتى تجىء على خط المشرق والمغرب فيصادف طرفها المذكور خط الساعة سبعة وخمس عشرة دقيقة صباحا وهو وقت الظهر ثم اذا ضعفنا هذا الوقت يحصل أربع عشرة ساعة ونصف ساعة وهى مدة الليل ووقت الشروق ولكن حيث ان هذا العدد قد تجاوز اثنى عشر نطرح منه و يقال ان شروق الشمس فى الساعة اثنتين ونصف ثم يطرح مدة الليل المذكورة من الاربع والعشرين يحصل تسع ساعات ونصف وهى مدة النهار

واذا حصل بعد ذلك امرار الابرة على كل خط من خطوط الاوقات المطلوبة وتعين عدد الساعات الحاصلة من وقوع طرف الابرة على خطوط الساعات وضم كل عدد على وقت الظهر وطرح اثنى عشر من كل مجموع يزيد عن هذا العدد نجد الساعات الزوالية والساعات الغروبية لكل وقت من الاوقات المطلوبة فى اليوم المفروض على حسب الجدول الآتى

	الساعات الزوالية	الساعات الغروبية	الاوقات المطلوبة
ساعات صباحية	خمس وست عشرة دقيقة	صفر واحدى وثلاثون دقيقة	الامساك
	خمس وست وثلاثون دقيقة	صفر واحدى وخمسون دقيقة	الفجر
	سبع وخمس عشرة دقيقة	اثنتان وثلاثون دقيقة	شروق الشمس
	سبع وسبع وأربعون دقيقة	ثلاث ودقيقتان	صلاة العيد
	تسع وسبع وأربعون دقيقة	خمس ودقيقتان	وجود الشمس على اتجاه القبلة
ساعات مسائية	اثنتا عشرة	سبع وخمس عشرة دقيقة	الظهر
	اثنتان واثنتان وثلاثون دقيقة	تسع وسبع وأربعون دقيقة	العصر الاول
	ثلاث وتسع دقائق	عشر وأربع وعشرون دقيقة	العصر الثانى
	أربع وخمس وأربعون دقيقة	اثنتا عشرة	غروب الشمس
	ست وأربع وعشرون دقيقة	واحدة وتسع وثلاثون دقيقة	صلاة العشاء

واذا عينا الساعة الزوالية بأخذ ارتفاع الشمس قبل الزوال فى اليوم المفروض وجدناها تساوى عشرا وثمان عشرة دقيقة وبضمها الى وقت الظهر ثم باجراء طرح التمكين يبقى سبع عشرة ساعة وخمس وعشرون دقيقة وبطرح اثنتى عشرة منها يفضل خمس وخمس وعشرون دقيقة وهى وقت اجراء هذه العملية بالساعة الغروبية واذا حصل ذلك بعد الزوال وجدنا الساعة الزوالية مساوية اثنتين واثنتين وخمسين دقيقة فبضمها الى وقت الظهر وطرح الثمانى دقائق للتمكين تكون الساعة الغروبية مساوية لتسع وتسع وخمسين دقيقة

(فى رسم نصف نهار الشمس الوسطى على سطح البسيطة الزوالية)

(٩٣) يؤخذ من جميع ماتقدم انه بمجرد قراءة العدد المقابل لمحل وقوع ظل المرقم على البسيطة الزوالية أو لمحل وقوع الخيال الضوئى المار من ثقب اللوحة يعلم مقدار الساعة الزوالية ولكن اذا قارنا الوقت المعين بهذه الكيفية بالوقت المعين بواسطة الساعات المستعملة فى أيدى الناس نجد تفاوتا اما بالزيادة أو النقصان فى جميع أيام السنة ماعدا أربعة أيام منها فيتحدا فيها مثلا اذا فرضنا ان ظل المرقم وقع على خط الساعة الثانية عشرة من البسيطة أى على نصف نهارها (شكل ٤٦) تكون الشمس بمقتضى ذلك قد حلت سطح نصف نهار المحل بالضبط مع ان ذلك لاينطبق على ساعات اليد فى أغلب الايام بل يتقدم عنه أو يتأخر الا فى أربعة أيام فقط فان الساعة تدل فيها وقتئذ على الساعة ١٢ بالتمام ويعلم من ذلك ان استعمال البسيطة بالطرق التى ذكرت للآن لايفى بالمقصود اذ ليس الغرض من كل بسيطة الا معرفة الوقت بواسطتها بحيث يكون ذلك مطابقا لساعات اليد ولهذا السبب رأينا ان نبادر بذكر سبب هذا الاختلاف وكيفية ازالته فنقول

هذا الاختلاف لايخلو اما ان يكون مؤسسا على عدم الانتظام فى حركة الشمس أو على عدمه فى حركة آلة الساعات أعنى انه لابد أن حركة احداهما تزيد فى بعض الايام وتبطئ فى بعض آخر ولكن آلات الساعات يمكن ان يدقق فى صنعها بحيث تتحرك بانتظام تام فلم يبق الا أن يكون عدم الانتظام حاصلا فى حركة الشمس ويعضد ذلك شواهد أخرى

ولتوضيح ذلك نقول ان للشمس فى كل يوم حركة رجوع تختلف من يوم الى آخر ففى الرابع والعشرين من كانون الاول تتأخر فى كل أربع ساعات بمقدار درجة واحدة

وست

وست دقائق وثمان وثلاثين ثانيـة وفى اليوم الرابع من أيلول لاتتأخر فى كل أربع ساعات الا ثلاث دقائق وخمسين ثانية ونصف ثانية وفى باقى أيام السنة يختلف التأخير مابين هاتين النهايتين . اذا تقرر ذلك تحقق لك عدم امكان بيان هذه الحركات بواسطة آلات الساعات ولهـذا تخيل شمسا أخرى منتظمة الحركة كما سنبينه فى مادتى (٩٤) و (٩٥) بحيث تقطع تسعا وخمسين دقيقة وثمانى ثوان وثلاثة وثلاثين جزأ من مائة جزء من ثانية وعلى هذا التخيل استعملت الساعات المتداولة فى أيدى الناس وبسبب ذلك ينشأ فى كل يوم تفاوت مابين تلك الساعات الزواليـة أى الافرنكية وما بين البسائط ويحسب هذا التفاوت بالنسبة لكل يوم ويوضع فى التقويمات فيستعلم منـه الزمن الوسطى فى وقت الزوال الحقيقى وقد أجرينا ذلك فى الجدول (نمرة ٣) المذكور فى آخر الكتاب فمن هذا الجدول يعلم مقدار الساعة المبنية على الشمس التخيلية وقت مرور الشمس الحقيقية بنصف النهار . فمتى وصلت الشمس الحقيقية الى نصف النهار فى أى يوم كان يمكن بهذه الواسطة معرفة مقدار تأخر أوتقدم الشمس التخيلية (وتسمى فى بعض الاحيان بالشمس الوسطى) عن نصف النهار المذكور فاذا أجرى ذلك فى كل يوم أى اذا عين موضع الشمس التخيلية بواسطة الجدول عند ماتجىء الشمس الحقيقية على سطح نصف النهار وأثبت ذلك على سطح البسيطة يحدث منحن على هـذه الصورة (شكل ٤٦) وكما أن خط الساعة الثانية عشرة أى خط الزوال فى البسيطة يسمى نصف نهار الشمس الحقيقية يسمى هذا المنحنى خط نصف نهار الشمس الوسطى أوالزمن الوسطى . ولرسم هـذا الخط نقول من حيث انه منحن ولا بد فى رسم كل منحن من معرفة نقطه كلها أو بعضها ليضم بعضهـا الى بعض يلزم أولا معرفة كيفية تعيين نقط المنحنى المذكور ولاجل ذلك يقال من (الشكل ٤٦) يفهم أن المنحنى المذكور يلاقى فى نقطتين كلا من المنحنيات المظلة التى سبق ذكر رسمها فى المادة (٦٦) وما بعدهـا الى المادة (٨١) فاذا رسمنا من كل ثلاث درجات من درجات البروج منحنيا مظلما بأن رسمنا منحنيات برجى الحمل والسـنبلة فكل واحـد منها يقابل يومين من أيام الاشهر الرومية وحيث ان خطوط الساعات المفروضة على بسـيطتنا قد رسمت على مسافة ارباع الساعات فأحـد تلك المنحنيات المظلة وهو منحنى أول برج الحـمل يكون خطا مستقيما متحدا بخط المشرق والمغرب ويكون كل قسم مثل (ب م) محصور بين خطين من خطوط الساعات دالا على خمس عشرة دقيقة وحيث ان حلول الشمس فى رأس الحمل

يكون فى الثامن من مارث فاذا بحثنا فى الجدول (٣) عن الزمن الوسطى وقت الزوال الحقيق نجد سبع دقائق زمانية وثلاثين ثانية وأحدا وعشرين جزأ من مائة من ثانية فلو فصلنا من (ب م) المساوى خمس عشرة دقيقة من جهة الشرق بعدا مساويا للمقدار المذكور أى سبع دقائق وثلاثين ثانية وأحد وعشرين جزأ من مائة من ثانية وليكن هذا البعد (ب ى) تكون النقطة (ى) من ضمن نقط المنحنى المطلوب وكذلك حيث ان خط أول الميزان يتحد بخط أول الحمل المتقدم ذكره وان الشمس تحل فى رأس الميزان فى اليوم الحادى عشر من ايلول فاذا بحثنا فى الجدول (٣) عن الزمن الوسطى وقت الزوال الحقيقى فى اليوم المذكور نجد احدى عشرة ساعة واحدى وخمسين دقيقة واثنتين وخمسين ثانية وثمانية وستين جزأ من المائة فبطرح هذا المقدار من اثنى عشرة وأخذ (ب ىَ) مساويا للفرق على الخط(بمَ) من الجهة الغربية نجد نقطة (ىَ) وهى نقطة ثانية من المنحنى المطلوب

وبتكرار هذه العملية على المنحنيات المظلمة وخصوصا فى أوائل الشهور تحدث نقط عديدة من نقط نصف نهار الزمن الوسطى اذا ضم بعضها الى بعض بخط مستمر يحصل شكل على هذه الصورة 8 يكون هو المنحنى المطلوب ثم بكتابة أسماء الاشهر على جهات تعداد الايام يتم المقصود

وعلى هذا النمط اذا فرضنا بسيطة مرسوما عليها نصف نهار الزمان الوسطى فانه عند مايجىء ظل مرقها أوضوء ثقب لوحتها على نصف نهار الزوال الحقيقى يكون موضع الشمس الوسطى فيها هو نقطة تلاقى المنحنى المظلم المقابل لليوم المفروض مع نصف نهار الزمان الوسطى فلو علم الوقت المقابل لهذه النقطة وقورن به الوقت المعين من ساعات اليد تتبين صحة حركة هذه من عدمها

وبطريقة أخرى خذ الجدول (نمرة ٣) وعين أىّ وقت شئت على البسيطة ثم ابحث فى الجدول عن الوقت المذكور فى خانة اليوم الذى أنت فيه وضم الوقتين فيكون المجموع مساويا للزمن الوسطى واذا زاد المجموع عن اثنى عشر فأسقطها منه . وبالجملة فالاوقات التى تدل عليها الشمس مباشرة على البسيطة تسمى ساعات حقيقية واذا ضمت الاعداد المذكورة فى خانة ذلك اليوم من الجدول التى تسمى بتعديل الزمان يكون الحاصل دالا على الزمن الوسطى المستعمل فى الساعات الافرنكية . وسنعود الى ذلك بالتفصيل فى المواد الآتية

تنبيه

(تنبيـــــــه)

ان الاوقات الخمسة وغيرها التى تستعلم من بسيطة اليد كما تقدم بيانه فى المادة (٨٢) وما يليها مبنيـة على حساب الزمن الحقيقى فان كانت ساعة الجيب متحركة على الساعـة الزواليـة (وربما دلت فى بعض الاحيان على الزمن الوسطى أيضا) وأريد معـرفة تلك الاوقات يلزم اجراء التحويلات عـلى المنوال المتقـدم ذكره وان كانت متحركة على الساعـةالغروبيـة فلا حاجة لتلك التحويلات ويكتفى باجراء العمل على الوجه المذكور فى موضعه

(القسم الثانى)

فى البسائط الغـــروبيـة

(الفصل الاول)

فى بيان الساعات والازمنـة

(فى الساعات النجمية والساعات الشمسية)

(٩٤) الساعـة آلة تتخذ لقياس الازمنة السابقـة ومقارنة بعضها ببعض وهى أنواع مختلفة فنها ماتكون من زجاجتين مجوفتين تتصل احداهما بالاخرى بانبوبة ضيقة جدا موضوع فى احداهما كمية معلومة من الرمل تنزل منها الى الاخرى بالتدريج فى مدة معينة وتسمى بالرملية ومنها ماهى على هذا الشكل أيضا ولكن يوضع فيها بدل الرمل ماء وتسمى بالمائية ومنها ماتكون على خلاف ذلك والغرض من الجميع واحد وهو قياس الاوقات ولاجل السهولة اعتبرت دورة الشمس مدة ليلة ونهار وحدة وقسمت الى أربعة وعشرين قسما متساوية كل قسم يسمى ساعة مستوية وقدوضعت البسيطة وما يماثلها لتعيين هذه الساعات . وأكمل الآلات التى يمكن استعمالها فى هذا الغرض هى الساعات الميخانيكية التى توضع عادة فى الجيب أوتعلق على حائط أوترتكز على تختة لانها فضلا عن انتظام حركتها فى الاوضاع المختلفة سهلة الاستعمال بحيث يعلم منها عدد الدورات واجزاء كل دورة فى أى وقت كان بواسطة الارقام المكتوبة عليها وينقسم الزمن المعين بهذه الآلات الى قسمين زمن نجمى وزمن شمسى والساعات التى تستعمل فى النوع الاول تسمى بالساعات النجمية والتى تستعمل فى النوع الثانى تسمى بالساعات الشمسية وتستعمل الساعات النجمية فى الرصد

خانات والوحـدة المعتبرة فيها هى اليوم أعنى مدة دوران الكرة السماوية دورة تامـة وهى ثلثمائة وستون درجة وينقسم اليوم الى أربع وعشرين ساعـة نجمية فمضىّ ساعة نجمية معناه أن الكرة السماوية قطعت خمس عشرة درجـة ومضىّ ساعتين معناه قطعها ثلاثين درجة وهلمّ جرّا الى الساعة الرابعة والعشرين فانها تدل على قطع الكرة ثلثمائة وستين درجة وهى مدة رجوع نقطـة ثابتة من الكرة السماوية الى سطح نصف النهار

ليكن (م ع) مثلا دائرة يومية (شكل ٤٧) و(ب ح) نصف نهار المحـل و (م) نقطـة ثابتة على قبة السماء مارّة من نصف النهار المذكور فحيث اننا فرضنا النقطة (م) ثابتة على قبـة السماء فحركتها الظاهرية هى نفس الحركة العمومية للكرة السماوية فعند رجوع النقطة المذكورة ثانيا الى نصف النهار تكون هذه الكرة قد قطعت دورة كاملة وكل آلة تقسم مدّة هذه الدورة الواحدة الى أربع وعشرين ساعة تسمى ساعة نجمية وتسمى تلك المدّة يوما نجميا هـذا هو المستعمل فى الرصـدخانات كما قلنـا ويبتدئون فى الحساب من وقت مرور نقطة الاعتدال الربيعى بنصف النهار

وأما الساعات الشمسـية فهى المستعملة فى أيدى الناس سميت بذلك لان المرعىّ فيها انما هو حركة الشمس واذ لم تكن ثابتـة فى نقطة واحـدة من قبـة السماء لان لها حركة تابعـة للحركة اليوميـة العمومية وحركـة على مدارها السـنوى فالمحل الذى توجـد فيـه فى وقت معـين تتأخر عنـه قليـلا فى اليوم التالى فى الوقت المفروض وبناء على ذلك لايمكن أن تكون مدة دورتها الكاملة فى أربع وعشرين ساعة نجمية بالضبط

لنفرض ان الشمس حالة فى نقطة (ى) (شكل ٤٧) ومنطبقة على نقطة (م) التى هى مبـدأ حساب الساعات النجمية فاذا ابتدأت النقطتان فى الحركة فى آن واحـد تدور نقطة (م) دورة كاملة فى مـدة أربع وعشرين ساعة نجمية وترجع الى سطح نصـف النهار وأما نقطة (ى) المتحركة بحركة الشمس السـنوية فانها تتأخر فى كل آن بحيث لو فرضناهـا اليوم فى (ىَ) ففى اليوم التالى تكون متأخرة فى (ىً) وبهذا السبب يوجد فرق ما بين الساعة النجمية والساعة الشمسـية بحيث تكون الاولى متقدمة عن الثانية وهـذا الفرق يتضاعف بالتقريب مقداره فى اليوم الثانى ويصير ثلاثة أمثاله

فى اليوم الثالث وهكذا الى وقت ختام الحركة السنوية أى بعد ثلثمائة وخمسة وستين يوما وألفين وأربعمائة واثنين وعشرين جزأ من عشرة آلاف جزء من اليوم الواحد واذ ذاك تعود النقطة (ى) الى الانطباق على النقطة (م) فتكون قد تأخرت ثلثمائة وستين درجة واذا اريد معرفة متوسط مقدار التأخير اليومى نفرضه (س) فنجد

$$\text{س} = \frac{٣٦٠^{\circ}}{٣٦٥٫٢٤٢٢} = ٣٣،،٨'' ٠ ،، ٥٩' ،، ٠^{\circ}$$

أعنى انه يساوى قوسا يعادل تسعا وخمسين دقيقة وثمانى ثوان وثلاثة وثلاثين جزأ من مائة

ويستفاد من ذلك ان الشمس فى المدة التى بين مرورها بسطح نصف النهار ومرورها مرة ثانية أعنى فى مدة أربع وعشرين ساعة شمسية تقطع قوسا مساويا لثلثمائة وستين درجة وتسع وخمسين دقيقة وثمانى ثوان وكسر من ثانية واذن تكون

$$٢٤ \text{ ساعة شمسية} = ٥٥ ، ٥٦'' ،، ٣' ٠ ،، ٢٤ \text{ ساعة نجمية}$$

ويرى من ذلك ان ليس بين الساعتين الشمسية والنجمية عظيم فرق فيمكن بيان الساعات التى من النوع الاول بواسطة الساعات التى تصنع لبيان النوع الثانى بدون احتياج لتقليل سرعة حركة آلاتها عن السرعة المعتبرة فى الساعات النجمية وانما يلزم فقط تقليل سرعة العقربين بواسطة تقديم أو تأخير المسمار المعد لذلك كما هو معلوم

وخلاصة القول ان الكرة السماوية تدور ثلثمائة وستين درجة فى مدة أربع وعشرين ساعة وتسمى تلك المدة باليوم النجمى وتدور ثلثمائة وستين درجة وتسعا وخمسين دقيقة وثمانى ثوان وثلاثة وثلاثين جزأ من المائة فى مدة أربع وعشرين ساعة ولكن بالساعات الشمسية وتسمى هذه المدة باليوم الشمسى وسنبين انه اذا اتخذ وقت مجىء الشمس على سطح نصف النهار مبدأ يمكن عمل ساعة زوالية تتحرك حركة منتظمة وتبين الاوقات الشمسية المذكورة

واعلم أن الدقائق والثوانى التى تنقسم اليها الساعات النجمية أو الساعات الشمسية تسمى أيضا بالدقائق والثوانى النجمية أو الشمسية

(فى نوعى الساعة الشمسية)

(٩٥) عرفت مما تقدم ان الايام النجمية كلها متساوية المقدار وأما الايام الشمسية فليست كذلك لان التأخير الحاصل فى حركة الشمس لم يكن بمقدار واحد فى كل يوم

كما هو مقرر فى مواضعه وحينئذ فالمدة التى تقطعها الشمس للمرور مرتين بسطح نصف النهار لم تكن منتظمة بل تختلف يوما بعد آخر فتكون تارة أعظم مما كانت وتارة أقل ولهذا السبب لايمكن الدلالة على هذه الاوقات بواسطة ساعات اليد لان حركتها منتظمة دائما فلمنع هذه الصعوبات تخيل شمسا غير الشمس الحقيقية ذات حركة منتظمة بحيث تقطع بسرعة واحدة دوائر الشمس اليومية فى نفس مدة الاربع والعشرين ساعة الشمسية وتسمى هذه الشمس التخيلية بالشمس الوسطية فهذه الشمس تتأخر تارة عن الشمس الحقيقية وتتقدم تارة عليها وتنطبق تارة معها

ولبيان ذلك نقول يظهر من الشكل (٤٦) ومن الجدول (٣) ان الشمس الحقيقية عند ما تكون فى أيام السنة على خط زوال البسيطة تكون الشمس الوسطية على المنحنى المرسوم فى الشكل المذكور فى النقطة المقابلة لليوم الذى يفرض وهذا فيما عدا أربعة أيام من السنة عند ماتكون الشمس فى جهة الغرب أو الشرق ففيها تنطبق الشمسان على نقطة واحدة ويكون ذلك أولا فى الثالث عشر من كانون الاول ثم تبتدئ الشمس الحقيقية فى التأخير عن الشمس الوسطية الى اليوم المتمم للثلاثين من كانون الثانى فيصير الفرق بينهما أربع عشرة دقيقة وسبعا وعشرين ثانية وثمانيا وثمانين من مائة ثم تعود الشمس الحقيقية فتتقارب من الشمس الوسطية فتنطبق عليها فى اليوم الثانى من شهر نيسان ثم تتقدم الشمس الحقيقية على الشمس الوسطية حتى يصير البعد بينهما مساويا لثلاث دقائق واثنتين وخمسين ثانية وذلك فى اليوم الثانى من شهر مايو ثم يتقارب بعضهما من بعض حتى ينطبقا معا فى الثالث من شهر حزيران فترجع الشمس الحقيقية فى التأخر الى اليوم الرابع عشر من تموز حتى يصير الفرق بينها وبين الشمس الوسطية ست دقائق وأربع عشرة ثانية وبعد ذلك تتقارب منها حتى تنطبق معها فى التاسع عشر من أوغسطس ثم تتقدم الشمس الحقيقية الى اليوم الحادى والعشرين من تشرين الاول فيكون الفرق قد وصل الى نهايته العظمى وهى ست عشرة دقيقة وتسع عشرة ثانية ثم يتقارب الشمسان ثانيا الى أن ينطبقا فى الثالث عشر من كانون الاول . وبالاختصار نقول ان الشمس الحقيقية تتأخر عن الشمس الوسطية من ثالث عشر كانون الاول الى ثانى نيسان ومن ثالث حزيران الى تاسع عشر أوغسطس وذلك من الجهة الغربية وتتقدم عليها من الثانى من نيسان الى الثالث من حزيران ومن التاسع عشر من أوغسطس الى الثالث عشر من كانون الاول

وذلك

وذلك من الجهة الشرقية ففى ذلك اليوم تغرب الشمس الوسطية قبل الشمس الحقيقية وفى اليوم التالى بعدها وحيث ان التفاوت اليومى المذكور أى القوس الذى بين الشمس الوسطية والشمس الحقيقية هو عبارة عن زاوية فاذا عينت فى كل يوم وضرب مقدارها فى أربعة وقسم الحاصل على ستين تتحول الى كمية زمانية هى قيمة الزمان الوسطى للزوال الحقيقى وتدرج بهذا الاسم فى جداول التقاويم المتعلقة بالشمس وقد أدرجناها نحن فى جدول نمرة (٣) باسم تعديل الزمان

وكما ان ساعات الشمس الوسطية تسمى بالساعات الوسطية وكل أربع وعشرين منها تسمى باليوم الوسطى فكذلك ساعات الشمس الحقيقية تسمى بالساعات الحقيقية وكل أربع وعشرين منها تسمى باليوم الحقيقى وعلى ذلك تكون الساعة الشمسية على نوعين والنوع الذى يستدل عليه بالبسائط هو الساعات الحقيقية

ومما تقدم يفهم انه لايمكن بيان الساعات الحقيقية بواسطة آلات الساعات المستعملة فى أيدى الناس ولذلك نجد ان المستعمل فى أكثر المحلات هو الساعات الوسطية ولكن حيث ان الشمس الوسطية ليست مرئية فلا يمكن تصحيح الساعات التى بأيدى الناس الا بالطريقة الآتية وهى

ان يعين مبدأ الساعة الحقيقية بالرصد ثم يبحث فى جدول نمرة (٣) عن تعديل الزمن المقابل لليوم الذى يفرض وتضم قيمته المعلومة بالساعات والدقائق والثوانى الى الساعة الحقيقية التى وجدت فيكون الحاصل هو الساعة الوسطية للوقت الذى رصدت فيه الساعة الحقيقية فان كانت ساعة اليد دالة على هذا الحاصل كانت صحيحة والالزم تصحيحها بنقل عقربها الى الموضع اللائق

وكذلك نقل سهم التأخير أوالتقديم كما هو معلوم . هذا وان زاد هذا الحاصل عن اثنتى عشرة يقطع النظر عن هذا العدد

واعلم ان تصحيح الساعات بالكيفية المتقدمة غير مستعمل فى بعض الممالك فالساعات هنالك لاتدل على الوقت الوسطى وعلى ذلك فلا تدل على الوقت الحقيقى بل هى ساعات غروبية وسنتكلم عليها فى المادة الآتية ولكن هذه الساعات يعتريها الفساد فى أكثر الاحوال ولذلك يوجد كثير من مصلحى الساعات فى تلك البلاد وفيها تجارة الساعات رابحة وأسواقها نافقة بل يصح القول بان تجارتها منحصرة فى الساعات

(فى بيان الساعة الزوالية والغروبية)

(٩٦) بينا ان الساعات الشمسية تنقسم الى ساعات حقيقية وساعات وسطية ونقول ان كلا منهما ينقسم الى ساعات زواليـة وساعات غروبية فانواع الساعات الشمسـية اذن أربعـة وقد تعارف الناس تسميـة الساعات الزواليـة بالالافرنكه والغروبيـه بالالاتركه ولكل من النوعين مبـدأ مخصوص فبدأ الساعات الزوالية وقت مرور مركز الشمس الوسطية بسطح نصف نهار المحل بحيث تكون الساعة الزوالية فى تلك اللحظة صفرا وكلما بعـد المركز عن السطح المـذكور تأخذ الساعة فى التزايد الى أن يقطع قوس نصف الليل فتكون السـاعة اذ ذاك اثنى عشرة ثم يبعد المركز عن هذا القوس وتطلع الشمس على الافق ويصـل مركزها ثانيا الى نصف النهار فتصـير الساعة أربعا وعشرين أى اثنى عشرة مرة ثانيـة ثم تبتدئ السـاعة من الصفر بالكيفية المتقدمة وهلم جرا فـدة الاربـع والعشرين ساعة المذكورة هى مـدة اليوم الشمسى كما تقدم ذكره ومن ثم يرى ان البسـائط التى تكلمنا عليها فى القسم الاول مبنية على هذا الاساس

وحيث ان المدة المذكورة عبـارة عن المدة التى تلزم لقطع مركز الشمس الوسطية على الكرة السمـاوية ثلثمائة وسـتين درجة وتسـعا وخمسـين دقيقة وثمانى ثوان وثلاثة وثلاثين جزأ من مائة كما بينـا ذلك فى مادتى (٩٤) و (٩٥) فاذا صـنعت آلة ساعة تدور بسرعة منتظمة وتدل على هذه المدة فكلما يمر مركز الشمس الوسـطية بسـطح نصف النهار دلت الآلة على الصـفر أى على منتهـى السـاعة الثانية عشرة وحيث ان الحركة منتظمة فلا تتأخر الآلة تارة وتتقدم تارة اخرى ولا يحتاج اذن الانسـان الى تعديل عقاربها ويمكن حينئذ بيان الساعات الزوالية بآلات سـاعات عادية مدة سنين بدون أن يعتريها خلل أو سكون الا اذا عرض عليها عارض خارجى كالسـقوط ونحوه ولكون مبـادى الاوقات الوسطية أى الزوالية تختلف باختلاف الامكنة تنقسم الايام الشمسـية الى نوعين أحدهما الايام الفلكية وطولهـا مدة ما بين مرورين متوالين للشمس من سطح نصف النهار أى أربع وعشرين ساعة كاملة والثانى الايام العرفية وتبتدئ قبل الايام الفلكية باثنى عشرة ساعة أى وقت مرور الشمس من نصف الليل فحينما تجيء الشمس على نصـف النهار تكون قـد تمت السـاعة الثانيـة عشرة من

الصباح

الصباح ومتى رجعت ثانيا الى نصف الليل تكون قد تمت الساعة الثانية عشرة من الليل

وأما الساعات الغروبية فمبدؤها من غروب الشمس بمعنى ان الزمن عند الغروب يعتبر صفرا ثم يأخذ فى التزايد الى ان تصل الشمس الى نصف مدارها اليومى فيكون الماضى حينئذ اثنتى عشرة ساعة ثم تبتدئ ثانيا من الصفر حتى تغرب الشمس مرة أخرى من الجهة الغربية فيكون مضى اثنتا عشرة ساعة مرة ثانية فجهة الافق الغربية هى اذن مبدأ الساعات الغروبية

ومن المقرر عند أرباب هذا الفن ان جميع نقط الكرة الارضية ماعدا التى على خط الاستواء لاتمر دوائرها الافقية بالقطبين فانقسام دوائر الشمس اليومية بها يكون الى قسمين غير متساوين ومن المقرر أيضا ان الشمس لاتتحرك على دائرة واحدة فقط بل تنتقل كل يوم الى دائرة غير التى كانت عليها قبل بحيث ان نقطة تقاطع الافق بمحيط دائرة يومية مقابلة ليوم معلوم تكون غير نقطته فى اليوم الثانى بمعنى ان النقطتين لاتكونان على دائرة ساعية واحدة فمن هذين الامرين المقررين يعلم ان المدة التى بين مرور الشمس من جهة الافق الغربية ومرورها منها مرة ثانية يلزم ان تكون غير مساوية للمدة التى بين مرورها الثانى ومرورها الثالث وقت الغروب فاحدى المدتين تكون تارة أكبر وتارة أصغر من الاخرى ولنبحث فيما يأتى عن المدتين النهائيتين اللتين ينحصر بينهما هذا التفاوت وعن السبب فى عدم تساوى التفاوت المذكور كل يوم . ليكن (و وَ) خط الاستواء (شكل ٤٨) و(س سَ) محور العالم و (ب هـ) أفق النقطة (ح) ولنبحث عن شكل المدار اليومى الذى ترسمه الشمس بعد التاسع من شهر حزيران فنجد أن الشمس بعد هذا اليوم تأخذ فى التقرب من خط الاستواء فبناء على ذلك اذا كانت الشمس تقرب فى اليوم المذكور من نقطة (م) ففى أثناء الليل والنهار التاليين له ترسم الخط الحلزونى (م ع عَ ى) وتقرب من النقطة (ى) التى على جنوب النقطة الاولى (م) بحيث ان هاتين النقطتين لاتكونان على دائرة ساعية واحدة

ولنرسم اذن من كل منهما دائرة ساعية فنجد سطحين صانعين بينهما زاوية كروية قطبية (م س ى) وهى عبارة عن الفرق بين نصفى ليلتى اليومين المفروضين أو التفاوت اليومى المراد معرفته فاذا اعتبرنا المثلثين الكرويين القائمى الزاوية (ب س م)

و (ب س ى) وحللناهما بالقوانين المعروفة وعينا زاويتيهما القطبيتين (س) ثم طرحنا احداهما من الاخرى يكون الباقى زاوية (م س ى) أى التفاوت المطلوب

هذا ويظهر من وجود هذا التفاوت اليومى ان أى ساعة من الساعات لايمكن أن تبين الاوقات الغروبية بدون ان تصحح أى تقدم حركتها تارة وتؤخر اخرى بواسطة المسمار المعد لذلك

ولزيادة التوضيح نقول انه بسبب هذا التفاوت يكون المنحنى اليومى (م ع عَ ى) أقل من ثلثمائة وستين درجة بمقدار زاوية التفاوت أى بقدر الفرق بين نصفى ليلتين متواليتين وهذا من تاسع حزيران الى تاسع كانون الاول أى فى مدة تناقص الايام وتزايد الليالى والساعات فى أثناء هذه المدة لايمكن أن يستدل منها على الاوقات الغروبية الابتبطئة حركتها اذ أن الشمس فى هذا الحين ترسم أقل من ثلاثمائة وستين درجة وكذلك من بعد تاسع كانون الاول فان الشمس تقطع فى ٢٤ ساعه ثلاثمائة وستين درجة وجزأ مساويا للفرق بين نصفى نهارين فلا يمكن اذن فى هذه الحالة استعمال الساعات الا بزيادة حركتها لان الشمس اذا غربت فى تاسع كانون الاول فى نقطة (ن) مثلا ففى اليوم التالى تغرب فى نقطة (ل) بعد ما ترسم الحلزون (ن ف فَ ل) الذى طوله ثلثمائة وستون درجة زائدا الزاوية (ل لَ) التى هى عبارة عن الفرق بين نصفى طولى النهارين ويكون ذلك فى مدة انتقال الشمس من مدار الجدى الى جهة الشمال وبالجملة يفهم من التعريفات السابقة ومن الشكل المرسوم ان نقطة غروب الشمس فى يوم معلوم تختلف من نقطة غروبها فى اليوم التالى له بحيث ان النقطتين توجدان على سطحين ساعيين يصنعان زاوية تساوى الفرق بين نصفى ليلتين فى الجهة الشمالية والفرق بين نصفى نهارين فى الجهة الجنوبية ومن هذا الاختلاف ينتج ان الشمس تغرب تارة قبل أربع وعشرين ساعة وتارة بعدها فلهذا السبب يظهر لبعض الناس ان الساعات تتقدم فى بعض الاحيان وتتأخر فى اخرى مع ان سرعتها واحدة والشمس هى التى تحدث هذا الاختلاف لان الشمس فى مدة الصيف اذا غربت فى نقطة (م) ورسمت القوس (م ع عَ) تكون قد قطعت عند ما تصل الى (ىَ) ثلثمائة وستين درجة الا انها قبل وصولها فى (ىَ) تكون قد غربت فى نقطة (ى) قبل أن تتم ساعات النهار اثنتى عشرة وكذلك بعد ستة شهور اذا غربت الشمس فى (ن) ورسمت

القوس

القوس (ں ف فَ) تكون قد قطعت عند ما تصل الى نقطة (لَ) التى على السطح الساعى المار بنقطة (ں) ثلثمائة وستين درجة وتكون ساعات النهار تمت اثنى عشرة الا أن الشمس لا تغرب بعد ذلك الا ببعض دقائق . فنى الحالة الاولى يظهر ان الساعة قد تأخرت وفى الثانية انها قد تقدمت . ولابد من وجود التقديم والتأخير فى كل يوم وحيث ان مقاديرهما تختلف باختلاف الايام فلسهولة معرفتها أدرجنا فى الجدول (٤) الموجود فى آخر الكتاب مقادير التقديم والتأخير لكل عشرة أيام ودونك كيفية اجراء الحساب

لتكن (م) نقطة غروب الشمس فى تاسع حزيران ولنفرض انها تغرب فى اليوم التالى من هذه النقطة أيضا فتكون الشمس قد قطعت ثلثمائة وستين درجة ولكن اذا اعتبرنا انتقال الشمس على مدارها السنوى فى مدة قطعها هذه الدائرة نرى انها تتقهقر كل يوم بمقدار غير ثابت ولو فرضناه ثابتا لكان مقداره تسعا وخمسين دقيقة وثمانى ثوان وثلاثة وثلاثين جزء من الثانية كما بينا ذلك فى المادة (٨٢) وهذا المقدار هو تأخير الشمس الوسطية التخيلية وأما تأخير الشمس الحقيقية فتارة يزيد عن هذا المقدار وتارة ينقص عنه

وسواء كان التأخير المذكور ثابتا فى الواقع أو غير ثابت فبفرض وجوده لايمكن ان الشمس تغرب مرتين متواليتين من النقطة (م) الا بعد قطعها ثلثمائة وستين درجة زائدا التأخير المذكور أى

$$٣٦٠^\circ + \text{التأخير اليومى}$$

واذا أخذنا فى البحث عن مقادير ابعاد نقطة الغروب بعضها عن بعض نلاحظ ماقلناه سابقا أى انه حينما تكون الشمس على نصف الكرة الشمالى تكون الابعاد المذكورة مساوية للفرق بين نصفى ليلتين وحينما تكون على النصف الجنوبى تكون مساوية للفرق بين نصفى نهارين ففى مدة الستة الشهور التى يتناقص فيها النهار يؤخذ الفرق المذكور بعلامة الناقص فيحدث هذا القانون

مدة دوران الشمس بين الغروبين = تأخيرها اليومى + ٣٦٠° — الفرق بين نصفى الليل أو النهار

وفى مدة الستة الشهور التى يتناقص فيها الليل يؤخذ الفرق المذكور بعلامة الزائد

ويحدث هذا القانون مـدة دوران الشمس بين الغروبين = ٣٦٠° + التأخير اليومى + الفرق بين نصفى الليل والنهار

واعلم ان تأخير الشمس اليومى يعلم من الجدول وذلك بان تطرح الاعداد المكتوب بعضها بحذاء بعض لكل يوم تحت عنوان المطالع المستقيمة ثم تضرب الفرق فى خمسة عشر وتحوّل الحاصل الى القوس فما كان تضعه فى القانون السابق ذكره

وكذلك لحساب الفرق بين أنصاف الليل وانصاف النهار نلاحظ ان المثلثات الكروية (ب س م) و (ب س ء) و (هـ سَ ں) و (هـ سَ ل) كلها قائمة الزوايا وان (ب س) و (هـ سَ) يساويان عرض البلدة و (س م) و (س ء) و (ں سَ) و (ل سَ) أوتار الزوايا القائمة ومساوية لتمام ميل الشمس فلنا

مماس (الضلع) = مماس (الوتر) × تمام جيب (زاوية المحيط)

وبوضع المقادير المتقدم ذكرها يكون

مماس (العرض) = مماس (تمام الميل) × تمام جيب (س) أو (سَ)

وحيث انه يمكن معرفة عرض البلدة وميل الشمس فبواسطة هذا القانون يمكن تعيين الزاويتين (س) و (سَ) لأىّ عرض كان ولكل يوم أولبعض الايام فاذا أردنا حسابهما للايام المندرجة عشرة فعشرة فى جدولنا والايام التالية لها ثم طرحناها بعضها من بعض نجد مثلا

ان المدّة التى بين غروبى ١٠ و ١١ أغسطس تعادل ٣١ً ٢٦َ ٣٦٠°

وان المدة التى بين غروبى ١٠ و ١١ شباط تعادل ٠٣ً ١٧َ ٣٦١°

ويظهر مما تقدم انه يمكن بالكيفية المذكورة حساب الادوار السماوية لأىّ يوم كان من السنة وقد حررنا الجدول السابق ذكره على هذا المنوال وأدرجنا فى الخانة الاخيرة منه الزمن مابين كل غروبين متواليين المبين بساعة مفروض أنها تتحرك أربعا وعشرين ساعة بالتمام فى مدة ماتغرب الشمس مرتين فى ٣٠ و ٣١ تموز أى فى حالة ماتكون المسافة بين الغروبين المذكورين ثلثمائة وستين درجة وتسعا وثلاثين دقيقة واثنتين وعشرين ثانية وكيفية ذلك ان تأخذ المسافة بين غروبين من الجدول ثم تطرحها من مسافة الغروبين فى ٣٠ و ٣١ تموز المذكورة آنفا وتقسم الفرق على ١٥ لكى يتحوّل الى كمية زمانية ثم تضمه الى ٢٤ أو تطرحه منها على حسب كونه ايجابيا أوسلبيا فما كان فهو المطلوب

مثال

مثال ذلك لنبحث عن الزمن الذى بين غـروبى الشمس فى ١٨ و ١٩ مارث فنبحث فى الجدول المذكور (٤) عن هذين اليومين فى الخانة الاولى ثم ننتقل الى الخانة السادسة فنجـد أن المسافة بين هـذين الغروبين هى ٥٢ً ١٤َ ٣٦١° فنطرح هذا العدد من العدد المذكور أعلاه أى من ٢٢ً ٣٩َ ٣٦٠° فنجد الباقى السلبى ٣٠ً ٣٥َ نقسمه على ١٥ فيخرج ٢٢ً ٢َ وهى كمية زمانية فنضـيفها الى ٢٤ فنجد ٢٢ً ٢َ ٢٤ ساعة وهو نفس العدد المذكور فى آخر خانة

هذا وإذا أمعنا النظر فى الخانة الاولى من أعلى الى أسـفل نلاحظ ان كل آلة ساعة غروبية تتحرك أربعا وعشرين ساعة بالتمام فى أثناء غروبى الشمس فى ٣٠ و ٣١ من شـهر تموز فانها تتحـرك فى اثناء سائر الايام امّا بزيادة عن ٢٤ ساعة وامّا بنقص عنها أو كما يظن عادة فانها تتقـدم فى بعض سائر الايام وتتأخر فى أخرى وإذ كان التفاوت اليومى المتقدم ذكره يختلف فى الايام المختلفة فلايمكن اذن استعمال الساعات الغروبية بكيفية مستمرة بدون تصحيحها أى بدون تبطئة حركتها فى بعض الفصول وزيادة حركتها فى البعض الآخر

ولبيان ماتقدم بكيفية أسهل مما ذكر نفرض كرة سماوية صناعية وننظر فى المدارات اليومية التى ترسمها الشمس على نصف الكرة الشمالى فى الايام التى قبل تاسع حزيران والتى بعده ثم نبحث عن نقطة تقاطع أحد هـذه المدارات بالافق والقوس المار بهذه النقطة والقطب السماوى ثم نبحث أيضا عن هذا القوس بالنسبة للمدار المقابل لليوم التالى فهـذان القوسان يصنعان زاوية كروية مساوية لمقدار التفاوت اليومى الناشئ عن اختلاف وقت الغروب فى اليومين المذكورين

وإذا كررنا هذه العملية فى أيام مختلفة نرى ان هذه الزاوية تتغير دائما امّا بالتزايد واما بالتناقص ثم اذا أجرينا جميع ذلك على نصف الكرة الجنوبى يظهر لنا ماظهر فى الحالة الاولى فينتج من ذلك ان أحسن ساعة لبيان الوقت بالضبط لابد ان يقع فيها اختلاف وقت تبدل الفصول بحيث يلزم لضـبطها ودلالتها على تمام السـاعة الثانية عشرة وقت الغروب ان يصير تطويل رقاصها فى كل خمسة أو عشرة أيام أعنى ان يصير تبطئة حركتها وذلك من عاشر أيلول الى عشرين كانون الثانى وان يصـير زيادة سرعتها من عشرين كانون الثانى الى عاشر أيلول كما يظهر ذلك من امعان النظر فى الجدول (٤)

ويمكن أيضا تخصيص أربع ساعات للفصول واستعمال كل واحدة منها فى الفصل المناسب لها

لانا اذا نظرنا فى الجدول نرى ان أقرب بعد بين غروبين يكون فى عشرة من أيلول وأعظم بعد يكون فى عشرين من كانون الثانى بحيث ان الشمس التى تقطع المسافة بين الغروبين فى عاشر أيلول فى أربع وعشرين ساعة تقطع المسافة بين الغروبين فى عشرين كانون الثانى فى أربع وعشرين ساعة ودقيقتين وسبع وخمسين ثانية ونصف ثانية كما يظهر ذلك من تحويل الفرق بين المسافتين الى كمية زمانية أما الايام التى بين هذين الحدين فانها تتزايد من عشرة ايلول الى عشرين كانون الثانى وتتناقص من عشرين كانون الثانى الى عشرة ايلول وهذا التزايد أو التناقص لايحصل على نسق واحد فانه يكون قليلا جدا فى بعض الايام حتى لايكاد يشعر به وفى بعض آخر يظهر جليا ولهذا السبب يكفى تبطئة حركة الساعات بالتدريج أو كما يقال باللغة الفرنساوية (رتارده) فى كل خمسة أيام أو عشرة أو خمسة عشر يوما وذلك من عاشر ايلول الى عشرين كانون الثانى ثم زيادة سرعتها أو كما يقال (أوانسه) فى المواعيد المذكورة من عشرين كانون الثانى الى عاشر ايلول وبذلك تقرب الساعات الغروبية من الحقيقة بقدر الامكان

وينتج مما تقدم جميعه عدم جواز الاعتماد على الاوقات المبينة بالساعات الغروبية الا اذا أمكن تصحيحها كل يوم بواسطة أخذ ارتفاع الشمس ولكن اذا احتجبت الشمس بالسحاب خمسة أو عشرة أيام متتالية لاسيما فى شهر رمضان المبارك يقع الخلل فيها بحيث لاترى ساعتين متطابقتين وربما كان الاثنتان مخطئتين

ومن الناس من يدعى صحة حركة ساعته وربما يصادف ذلك بالتقريب مدة شهر أو شهرين فسبب ذلك ان الساعة المذكورة ربما كانت عند صانع الساعات فى أحد قسمى السنة الذى يتزايد فيه التفاوت اليومى أو يتناقص فصانع الساعات يبطئ حركتها أو يزيد سرعتها على حسب الوقت فان أرجعها الى صاحبها قبل دخول القسم الثانى تستمر الساعة على تعيين الوقت بوجه التقريب ولكن بعد مايتم هذا القسم ويدخل القسم الثانى وذلك بعد اليوم الذى يتساوى فيه الليل والنهار تختل حركتها بالكلية وتأخذ اما فى الزيادة واما فى النقصان فترى صاحبها يقدم عقاربها كل يوم أو يؤخرها حتى تفسد فيعطيها لصانع الساعات وهو يأخذ فى تصليحها وهكذا الى أن تفسد بالكلية

الآلة قبل عمرها الطبيعي فبعد خروجها الى الاسواق وفراقها عدة من الرفاق ترجع الى دكان الساعاتى تأبية من الدوران وتكتفى بأن تعلق زينة على الحيطان هذه هى حالة الساعات الغروبية

(فى الكرونومترات)

(٩٧) من أعظم منافع الساعات المسماة بالكرونومترات استعمالها لبيان الاوقات المتساوية غير المتبدلة لانها تتحرك بسرعة واحدة منتظمة وتدور دورات متساوية فلايصح استعمالها اذن لبيان الاوقات الغروبية لان المدة بين غروبين متواليين متغيرة دائما كما تقدم ذكره ومن حيث انها غالية الثمن لدقة صنعتها فيخشى من مس انها كثيرا ولهذ السبب تفضل عليها فى هذه الحالة الساعات الاعتيادية التى ربما يكون ثمنها خمسين قرشا وأما اذا أريد استعمالها لبيان الساعات الغروبية بتصحيحها فى كل فصل كما تقدم بيانه فانها تفسد فى مدة قليلة لاسيما واصل اختراعها كان لبيان الساعات الزوالية وفى الحقيقة ان لهذه الآلة مزايا كثيرة ولكن الاوفق استعمالها فيما وضعت له فقط واستعمال ساعات أخرى لبيان الاوقات الغروبية تكون زهيدة الثمن لما يعتريها من الفساد فى مدة قليلة

(لاحقه)

(٩٨) استعمال الساعات الغروبية كان أمرا معروفا فى بعض الممالك فكانوا يعتبرون غروب الشمس مبدأ للزمن كما ذكرآنفا ولكن لما ترقت العلوم وظهر مافى استعمال الساعات المذكورة من الصعوبات التى بيناها أبدل ذلك المبدأ بوقت الزوال وبذلك التبديل قد زال أعظم الصعوبات ولازالة الصعوبة الناشئة عن تقهقر الشمس على غير كيفية واحدة قد أخذوا متوسط تقهقرات جميع أيام السنة وفرضوا شمسا تخيلية تتقهقر كل يوم بكمية واحدة ثابتة فبسبب ذلك أمكنهم استعمال ساعات غروبية مضبوطة وفى الممالك السلطانية حرسها الله لايزال اعتبار أخذ غروب الشمس مبدأ للساعات وهذا من الاحوال التى يتأسف عليها كما لايخفى اذ الضرر من استعمال ذلك عظيم جدا فمثلا وابورات السكة الحديدية من المحال ضبط حركتها بهذه الساعة بدون أن يقع لها خطرات عديدة لان الساعة الغروبية كما تختلف باختلاف العروض تختلف سرعتها فى اليوم الواحد فلهذا السبب يكون من الضرورى استعمال الساعات

الزوالية فى السكك الحديدية وأما الساعات الغروبية فاستعمالها موجب لاضطراب الاعمال المقيدة بأوقات محدودة وموجب لاصلاحها مرات عديدة وفى ذلك عسر ظاهر ولا سيما أن جميع الساعات تصنع فى الممالك الاوروباوية فيلزم لاصلاح ساعة أن تدفع مبالغ جسيمة من هذا الوجه أيضا للممالك الاجنبية فالاجدر تركها وأخذ الزوال لمبدأ للاوقات وبهذه الحالة بدلا عن أن تكون الساعات تمت اثنى عشرة وقت أذان المغرب تكون كذلك وقت أذان الظهر وتكون سائر أوقات الصلاة فى ساعات مناسبة لاوقاتها على المبدا المذكور

واذا نظرنا هل الاولى استعمال الساعات الزوالية وضبطها على حركة الشمس الحقيقية أولا نجد أن ذلك غير ممكن لاننا قد بينا أن تقهقر الشمس اليومى يختلف باختلاف الايام وبهذا السبب لايمكن استعمال الساعات بالكيفية المذكورة بدون تصحيحها وحينئذ نكون قد وقعنا فى الصعوبات الاولى

فلا بد اذن من استعمال الساعة الزوالية على الحالة التى هى عليها فى سائر الممالك أى على فرض شمس تخيلية تتقهقر كل يوم بكيفية منتظمة بمقدار قوس طوله تسع وخمسين دقيقة وثمانى ثوان وثلاثة وثلاثين من المائة كما بيناه فى المادة الثانية والثمانين

ولكن حيث ان شريعتنا الغراء تقضى بان الافطار والصلوات الخمس والامساك وصلاة العيد تكون على حسب حركة الشمس الحقيقية فيلزم تعيين هذه الاوقات بالكيفية التى تقتضيها الشريعة الغراء ثم تحول بواسطة جداول التعديلات الزمانية الى الاوقات التى مبدؤها وقت الزوال أى الى الزمن الوسطى ويدرج فى التقويمات السنوية كما هو معتاد أوقات الافطار والصلوات الخمس والامساك وسائر الاوقات الشرعية بالزمن الوسطى المذكور

(المقصد)

فهم مما تقدم أن الساعة المستعملة فى أيدى الناس تكون على نوعين زوالية وغروبية ونقول الآن ان البسائط الشمسية تكون أيضا على نوعين بسائط زوالية وهى التى تبين حساب الساعات بالطريقة المعروفة بالافرنكية وبسائط غروبية وهى التى تبين حساب الساعات بالطريقة المعروفة بالعربية أو التركية وقد بينا بالتفصيل هذا النوع

الاخير

الاخير فى القسم الاول وسنبين فى الفصول الآتية من هذا القسم الثانى البسائط الغروبية ونذكر القواعد المتعلقة برسمها على أسطح متنوعة

الفصل الثانى

(فى قواعد تمهيدية)

(لبيان الاسطح السويعية التى لابد فى رسم البسيطة الغروبية من تصورها فى الفراغ)

(٩٩) السطوح السويعية للساعات الغروبية ليست مارة من محور العالم مثل سطوح الساعات الزوالية بل هى دوائر عظمى مارة بمركز الكرة السماوية وبنقط تقاسيم الدوائر اليومية المقسومة الى أربع وعشرين قسما اقساما متساوية بالابتداء من نقطة غروب الشمس فى الجهة الغربية من الافق

لنفرض مثلا (ن نَ) محور العالم (شكل ٤٩) و (ف فَ) أفق المحل و (ع عَ) خط الاستواء و (ن د نَ ح) نصف النهار فاذا أردنا رسم المدارين اللذين يحدد ان الدوائر اليومية نرسم كما هو معلوم من نقطتى (د و دَ) دائرتين موازيتين لخط الاستواء وعلى بعد منه يساوى ميل الشمس الكلى فلتكن (د ح) و (دَ حَ) هاتين الدائرتين فالدوائر اليومية الاخرى تكون محصورة بينهما ومدار السرطان (د ح) الذى توجد عليه الشمس فى الانقلاب الصيفى ومدار الجدى (دَ حَ) الذى توجد عليه بعد ستة شهور يقطعان فى الجهة الغربية دائرة الافق فى نقطتين (ب بَ) فحينما ترسم الشمس المدارين المذكورين وتجىء فى هاتين النقطتين يكون تمام الساعة الثانية عشرة من هذين اليومين أى يكون الزمن صفرا بحيث لو رسمنا من نقطتى (ب بَ) ومن مركز العالم دائرة عظمى فيكون قوسها (ب بَ) المحصور بين المدارين من جهة سطح الافق الغربية هو خط الساعة ١٢ لان نقط الساعة ١٢ التى تكون على جميع الدوائر اليومية التى ترسمها الشمس فى مدة الستة شهور هى عبارة عن النقط التى يتركب منها القوس المذكور (ب بَ) فلهذا السبب يستحسن تسمية هذا القوس بخط الساعة ١٢ وأما نقط سائر الساعات فتوجد بملاحظة أن الشمس تقطع كلا من المدارين (د ح) و (دَ حَ) فى ظرف أربع وعشرين ساعة فيكفى تقسيم محيطهما من الابتداء بالنقطتين (ب) و (بَ) الى أربع وعشرين قسما أقساما متساوية أى

الى أجزاء مساوية لخمس عشرة درجة خمس عشرة درجة بحيث ان الشمس تجرى مابين نقطتين متتاليتين فى مسافة ساعة واحدة . هذا مايتعلق بنقط ساعات يومى الانقلابين

ويمكن تعيين هذه النقطة بكيفية أخرى وهى أن ترسم دائرة الميل (ق ب قَ) من مبدا الساعات (ب) ويفرض سطحها سطح الساعة ١٢ من بسيطة زوالية ثم ترسم السطوح السويعية لتلك البسيطة الزوالية فجميع هذه السطوح تلاقى محيط الدائرة (ء ح) فى أربع وعشرين نقطة تكون هى نقط ساعات المدار (ء ح) المذكور وكذلك اذا رسمنا دائرة الميل (ق بَ قَ) من نقطة (بَ) واعتبرنا سطحها مبدأ للساعات ثم رسمنا أربعة وعشرين سطحا سويعيا نجد نقط ساعات المدار (ءَ حَ)

وينتج مما ذكر انه اذا صار امرار سطح من نقطة (ب) ومن نقطة (هـ) التى هى نقطة تلاقى دائرة الميل بخط الاستواء واعتبرنا هذا السطح مبدأ للساعات الزوالية ثم رسمنا سائر السطوح السويعية للساعات المذكورة نجد أنها تقطع مدار السرطان فى نقط تكون عبارة عن نقط الساعات الغروبية التى يلزم تخيلها فى السماء وقت تحرك الشمس على المدار المذكور وكذلك اذا صار امرار سطح من (بَ) ومن (هـَ) واعتبرناه مبدأ ثم رسمنا سائر السطوح السويعية الزوالية فهذه السطوح تقطع مدار الجدى فى نقط تكون عبارة عن نقط الساعات الغروبية التى يلزم تخيلها يوم تحرك الشمس على المدار المذكور وأيضا اذا فرضنا نقطة (م) وهى نقطة تلاقى أفق المحل بخط الاستواء واعتبرناها مبدأ ثم رسمنا السطوح السويعية الزوالية المقابلة لها فهذه السطوح تقطع خط الاستواء فى نقط تكون عبارة عن نقط الساعات الغروبية التى يلزم تخيلها يوم تحرك الشمس على خط الاستواء المذكور فبوضع الارقام المناسبة لجميع هذه النقط بالطريقة الآتى ذكرها يسهل استخراج سطوح الساعات الغروبية وخطوطها

ولوضع هذه الارقام نقول انه حيثما تكون الشمس على أى مدار كان وقت الغروب تكون الساعة ١٢ واذا قطعت الشمس بعد ذلك القسم الاول أو الثانى أو الثالث .... أو الرابع والعشرين تصير الساعة (١) أو(٢) أو(٣) أو(٤) .... أو(٢٤) أى ١٢ مرة ثانية فتكون الشمس قد رجعت ثانيا الى الافق فيلزم على هذا وضع الارقام بالترتيب الاتى وهو (١ و ٢ و ٣ و ٤ و ٥ و .....) و(١٢ و ١ و ٢

و ٣ و ٤ و ..... ١٢) واذا فرضنا رسم أقواس دوائر عظمى من كل نقطتين متناظرتين على المدارين أى الدالتين على ساعة واحدة (١ و ١) او (٢ و ٢) او .... وهكذا تحدث أربعة وعشرون قوسا كلها متساوية تنتقل الشمس من واحدة الى أخرى فى زمن واحد وهذه الاقواس هى خطوط الساعة الغروبية (١ و ٢ و ٣ و ٤ .... و ٢٤) وسطوح هذه الاقواس هى الاسطح السويعية التى يلزم تخيلها فى السماء للساعة المذكورة

(تنبيـــــه)

ستعرف مما يأتى أن البسائط الغروبية تستنبط من البسائط الاستوائية الزوالية التى مبادى ساعاتها تكون (هـ و ز) او (هـ و هـَ) ولذلك يلزم استحضار ماتقدم صدد هذه النقط

(فى كيفية استعمال الشاخص المحدث للظل)

(١٠٠) حيث ان السطوح السويعية للبسائط الزوالية تمر كلها بمحور العالم فاذا وضع مستقيم على سطح أىّ بسيطة على استقامة المحور المذكور يكون هذا المستقيم مشتركا بين جميع السطوح المذكورة ففى حين وصول الشمس الى كل واحد منها ينطبق ظل المستقيم المفروض على خط تقاطع السطح الذى تكون فيه الشمس مع سطح البسيطة أى على خط ساعة الوقت المعتبر وعلى هذا فيكفى ملاحظة حركة هذا الظل لتعيين الاوقات فى كل يوم فالمستقيم الذى يستعمل بهذا الصدد يسمى (المرقم) كما تقدم . وحيث انه يمكن فرض أية نقطة من نقط المرقم مركز العالم فاذا أخذنا نقطة منه وأنزلنا منها عمودا مجسما على سطح البسيطة فظل رأس هذا العمود يبين أيضا الاوقات وكذلك اذا وضعنا لوحة منقوبة على رأسه فان ضوأها يبين الاوقات

و ينتج من ذلك انه يوجد ثلاث طرق لبيان الاوقات على البسائط الا انه فى البسائط الغروبية لايمكن الاستعمال الطريقتين الاخرين بخلاف الاولى فان لايمكن استعمالها فيها لما سنذكره

وذلك أن السطوح السويعية التى يلزم تصورها فى البسائط المعروفة بالالاتورقه لاتمر بمحور العالم كما تقدم بل تمر بمركزه فقط وحينئذ فاذا اعتبرنا الشمس فى مدة الستة شهور فنراها تمر بنقط محيط سطح سويعى محصور بين مدار السرطان ومدار الجدى بحيث ان

اتجاه الظل الحادث من مرقم موازى لمحور العالم يختلف باختلاف الايام من يوم الى آخر بخلاف مركز العالم فانه مشترك بين جميع السطوح السويعية فكيفما كان السطح الذى تكون فيه الشمس وأينما كان موضعها عليه لايمكن أن الظل أو الضوء الحادث وقتئذ من مركز العالم يقع على الفصل المشترك بين السطح المفروض وسطح البسيطة أى على خط ساعة ذلك الوقت هذا هو السبب فى عدم امكان استعمال المرقم فى البسائط التركية المذكورة ولزوم استعمال رأس شاخص يكون فى موقع مركز العالم بأن يصير رصد ظله أوالضوء الحادث من ثقب يوضع عليه

(فى بعض ملحوظات تتعلق برسم البسائط الغروبية)

(١٠١) يستدل من المواد التى بينت الى الآن اننا اذا وضعنا شاخصا عموديا على سطح بسيطة ما وتخيلنا من رأسه المفروض انه مركز العالم سطوح الساعات الغروبية التى سبق الكلام عليها ثم عينا بارسم الفصول المشتركة بين هذه السطوح و بين سطح البسيطة تكون هذه الفصول هى خطوط الساعات الغروبية وحيث ان مركز العالم المفروض هو دائما مع الشمس فى سطح واحد فكلما تحرك الشمس يتحرك ظل الشاخص بعكس حركتها بحيث انه عند وجوده على خط ساعة تكون الشمس على سطح الساعة المذكورة وبهذه الواسطة يكون الظل دالا على الوقت المفروض

وعلى هذا يكون من الضرورى رسم خطوط الساعات الغروبية على سطح البسيطة وذلك بتعيين الفصول المشتركة بين السطح المذكور والسطوح التخيلية المارة برأس الشاخص المفروض انه مركز العالم ولكن من المعلوم انلابد لتعيين خط مستقيم مجهول من معرفة نقطتين بالاقل من نقطه فلنبين كيفية تعيين هاتين النقطتين لكل خط ساعة غروبية

(فى كيفية رسم خطوط الساعات الغروبية)

(١٠٢) قلنا انه لابد فى رسم خطوط الساعات على البسيطة من تعيين نقطتين من كل منها وحيث انه يمكن والحالة هذه تعيين النقطتين بحيث انهما يعينان طول كل خط من خطوط الساعات فيلزم البحث عنها على النمط الآتى

وذلك بان تفرض كرة بأى قطر كان مركزها يكون رأس الشاخص المفروض انه مركز العالم ويرسم عليها المدارات وتقسم بالطريقة المبينة فى الشكل (٤٩) الى أربع وعشرين قسما اقساما متساوية ثم يوصل منها الى مركز العالم المفروض بأشعة

مستقيمة وتمد حتى تلاقى سطح البسيطة ثم تعين نقط التلاقى أى آثارات الاشعة المذكورة فبهذه الكيفية يكون الاثران الناتجان من الشعاعين المارين من نقطتى مدار السرطان ومدار الجدى الدالتين على ساعة واحدة هما انتهائى خط تلك الساعة فبوصلهما بمستقيم نجد الفصل المشترك بين البسيطة وبين سطح هذه الساعة أى خطها وتتعين خطوط الساعات الاخرى بنفس هذه الطريقة . وأما كيفية تعيين الآثارات المذكورة فهى كما سترى

(كيفية تعيين آثارات الاشعة على سطح البسيطة)

(١٠٣) من الواضح ان كل خط من الخطوط الشعاعية موجود على سطح نصف النهار أى دائرة الميل المارة بنقطة الساعة التى رسم منها ذلك السطح فأثره يوجد اذن على أثر نصف النهار المذكور فاذا اريد تعيين آثارات الاشعة المارة بنقط ساعات مدار السرطان وبمركز العالم يفرض نصف النهار (ن ب نَ) (شكل ٤٩) المار بمبدأ ساعات المدار المذكور وهو (ب) وتعين نقطة تقاطعه (هـ) بخط الاستواء ويقسم الخط المذكور بالابتداء من هذه النقطة الى أربع وعشرين قسما أقساما متساوية ثم يفرض رسم دوائر عظمى من نقط التقاسيم أى سطوح ساعات البسيطة المعروفة بالافرنجية فآثارات هذه السطوح على سطح بسيطتنا يحتوى كل منها على أثر من آثارات الخطوط الشعاعية وبناء على ما تقدم فى المواد(٧٧ الى ٨٠) يمكن تعيين الآثارات المذكورة اما بواسطة ورقة شفافة أو بواسطة قواعد الهندسة الوصفية

وبمثل ذلك يمكن تعيين آثارات الاشعة المفروض خروجها من نقط ساعات مدار الجدى بان يفرض نصف النهار المار بمبدأ الساعات (بَ) و يبحث عن نقطة تلاقيه (هَ) بمحيط خط الاستواء ثم بالابتداء من هذه النقطة يصير تقسيم المحيط المذكور الى أربع وعشرين قسما أقساما متساوية ومن كل نقطة من نقط التقاسيم يفرض مرور سطح نصف نهار فآثارات جميع هذه السطوح تحتوى على النقط المطلوبة

وينتج مما تقدم انه اذا علمنا أثران لشعاعين مقابلان لنقطتين متناظرتين على المدارين ووصلناهما بخط مستقيم نكون قد رسمنا خطا من خطوط الساعات الغروبية وحيث ان تعيين هذه الآثارات يتوقف على تعيين بسيطة زوالية تتولد من البسيطة الاستوائية كما هو معلوم فيمكن اجراء العمل بالطرق التى ذكرناها فى القسم الاول غير أنه يلزم تغيير مبدأ الساعات بطريقة نذكرها الآن

(فى بيان مبدأ ساعات البسيطة الاستوائية التى تتولد منها البسيطة الزوالية المساعدة لرسم خطوط الساعات الغروبية)

(١٠٤) لما كانت البسيطة الزوالية التى أسلفنا القول عليها فى القسم الاول تدل على الساعات الافرنجية رسمناها بتطبيق سطح البسيطة الاستوائية على سطحها ثم أخذنا على نصف نهارها مبدأ الساعات وأما البسيطة الزوالية اللازم رسمها هنا لانشاء البسيطة الغروبية فمن حيث ان القصد منها هو تعيين الساعات العربية فى يومى الانقلابين فيمكن رسمها بتطبيق سطح البسيطة الاستوائية على سطحها أيضا انما بدلا من أخذ مبدأ الساعات على نصف النهار يؤخذ على احدى النقط (هـ وهـَ و ن) التى سبق الكلام عليها فى المادة (٩٩) فاذا عينا الفصل المشترك بين سطح البسيطة الاستوائية وبين سطح الافق نرى احدى هذه النقط تحت ذلك الخط والثانية فوقه والثالثة عليه وهذه المواضع الثلاثة تختلف باختلاف عروض البلاد ومتى علمت نرسم خطوط ساعات البسيطة الزوالية بالطرق المتقدم ذكرها فى القسم الاول وبواسطتها نجد آثارات الخطوط الشعاعية المطلوبة

وكيفية تعيين مواضع النقط المذكورة ان يلاحظ انه فى أىّ عرض كان اذا طبقنا سطح البسيطة الاستوائية على سطح البسيطة الزوالية وعينا نقطة تقاطع محيط الاولى بخط نصف نهار الثانية يكون بعد نقطة (هـ) عن نقطة التقاطع المذكور مساويا لنصف قوس أطول نهار فى ذلك المحل وكذلك نقطة (هـَ) تكون على بعد من النقطة المذكورة يعادل نصف قوس أقصر نهار فى هذا المحل وأما نقطة (ن) فتكون على بعد تسعين درجة من تلك النقطة أى تكون على نقطة تقاطع محيط البسيطة الاستوائية بالمستقيم المرسوم من مركزها موازيا لمعدل النهار

ومما تقدم يعلم أنه متى اريد انشاء بسيطة غروبية يلزم تعيين قوسى أطول نهار وأقصر نهار بالنسبة لعرض المحل المفروض ثم يفصل بعدان على محيط البسيطة الاستوائية من نقطة تقاطع هذا المحيط بنصف النهار مساويان لنصفى هذين القوسين وأما كيفية تعيين قوسى أطول نهار وأقصر نهار لمحل مفروض فتعلم مما نذكره الآن فاسمع واليك البيان

(طريقة

(طريقة هندسية لتعيين قوس أطول نهار وأقصر نهار)

(١٠٥) ليكن (ع عَ) أفق المحل المفروض (شكل ٥٠) و(ع مَ ن) عرضه و(ط ن طَ نَ) نصف نهاره و (ط طَ) خط الاستواء و (ب بَ) مدار السرطان و (ح حَ) مدار الجدى

فيظهر جليا أن قوس أطول نهار فى هذا المحل هو جزء مدار السرطان (ى بَ) فوق الافق وقوس أقصر نهار فيه هو جزء مدار الجدى (هـ ح) فوق الافق أيضا ومن البديهى ان (هـ ح) = (ىَ بَ) فمتى علمنا (ى ب) نطرحه من ٣٦٠ فالباقى يكون (ى بَ)

وحيث ان مدار السرطان (ب بَ) عبارة عن دائرة موازية لخط الاستواء (ط طَ) قطرها يساوى طول الخط (ب بَ) ومركزها (م) وهى نقطة تقاطع محور العالم بالقطر المذكور فاذا رسمنا من هذه النقطة دائرة بنصف قطر يساوى نصف الخط (ب بَ) تكون هذه الدائرة عبارة عن موضع مدار السرطان بعد تدويره حول (ب بَ)

ومن الظاهر انه فى حالة ما تكون الدائرة المذكورة فى موضعها الاصلى تقطع الافق على خط مستقيم مسقطه الرأسى يكون النقطة (ى) وفى حالة تدويرها كما فعلنا يأخذ هذا المستقيم موضعا موازيا لمحور العالم (ن نَ) فبناء على ذلك اذا رسمنا خط (ى ىَ) موازيا للمحور المذكور فانه يقطع محيط الدائرة فى نقطة (ىَ) تكون حدا مشتركا بين الليل والنهار أى تكون مبدأ للساعات ويكون القوس (ىَ ب) اذن نصف قوس ذلك النهار والقوس (ىَ بَ) نصف قوس الليل فبقياس الزاويتين (ب م ىَ) و (ىَ م بَ) بواسطة منقلة نعلم طولى هذين القوسين وهو المطلوب

(خلاصة ماتقدم من العمليات)

(١٠٦) متى أريد انشاء بسيطة غروبية على سطح مفروض يلزم اجراء العمل على هذا الترتيب الذى سنذكره بالاختصار

(أولا) تؤخذ النقطة المفروض انها مركز العالم بحيث ان ظلها لا يخرج عن سطح البسيطة ثم باحدى الطرق المذكورة فى مقدمة الباب الاول يعين نصف نهار البسيطة الذى سميناه بخط الزوال

(ثانيا) يعين نصف قوس أطول نهار ونصف قوس أقصر نهار بالنسبة لعرض المحل وذلك بالطريقة الحسابية التى تقدم ذكرها

(ثالثا) يعين مبدأ الساعات على الوجه المبين فى مادتى (٩٩) و (١٠٤) بواسطة نصف قوس النهار المقابل لمدار السرطان ونصف قوس النهار المقابل لمدار الجدى أو بواسطة نصف قوس النهار المقابل لاحدهما والذى يقابل خط الاستواء فترسم بسيطة استوائية تتولد منها بسيطتان زواليتان يحصل تعيين خطوط ساعاتهما والارقام التى توضع عليها

(رابعا) تعين آثار الخطوط الشعاعية على كل خط من خطوط الساعات المذكورة وهذا اما بالطريقة الوصفية واما بواسطة ورقة شفافة كما ذكر فى مادة (١٠٣)

(خامسا) حيث ان آثار الخطوط الشعاعية المذكورة فى الوجه السابق تكون المنحنيين المظلين المقابلين للمدارين كما تقدم بيانه فى المادة (٧٦) وان آثار الخطوط الشعاعية المارة من خط الاستواء موجودة على معدل النهار فيوجد على هذين المنحنيين وعلى معدل النهار ثلاث نقط تدل على ساعة غروبية واحدة فاذا رسمنا خطوطا مستقيمة من كل ثلاث نقط مبينة لساعة واحدة نكون قد رسمنا خطوط ساعات البسيطة ويمكن الاكتفاء بتعيين نقطتين أو ثلاث نقط لكل مستقيم كما هو ظاهر

هـذا وسنذكر تطبيقات لهذه القواعد على رسم بعض بسائط غروبيـة من أنواع مختلفة

(الفصـل الثـالث)

(فى بيان البسـيطة الافقيـة)

(١٠٧) البسـيطة الغروبية التى ترسم على سطح مستو أفقى تسمى بالبسيطة الافقية كما تقـدم مثالها فى البسائط الزواليـة ويلزم لاجل انشاء بسـيطة غروبيـة من هذا النوع انتخاب محل على حسب الفصول بحيث ان مدة استضاءته بالشمس تكون أطول مايمكن ثم يجرى العمل كما يأتى

(أولا) يوضع السطح المطلوب عمل البسيطة عليه وضعا افقيا بالضبط ثم يؤخذ عليه نقطة مثل (م) (شكل ٥١) ويوضع فيها شاخص عمودى يكون طوله مناسبا لسعة سطح البسيطة فيجعل هذا الشاخص مرقـا أو توضع لوحة منقوبة على رأسه ويفرض حينئذ أنه مركز

العالم

العالم ثم يرسم نصف نهار البسيطة وخط زوالها وهو الخط المتجه الى جهتى الشمال والجنوب بالقواعد المبينة فى مقدمة الباب الاول

(ثانيا) يرسم السطح (مً نً) رأسيا وموازيا لخط الزوال ويجعل سطحا للمساقط الرأسية ثم يرسم عليه موضع الكرة السماوية ولاجل ذلك يلزم تعيين المسقط الرأسى للشاخص الذى فرضناه فى نقطة (م) وليكن (ح مً) هذا المسقط فاذا رسمنا من نقطة (مً) التى هى مركز العالم وبالبعد (ح مً) الدائرة (ح ب ى) فان هذه الدائرة تكون نصف نهار المحل ويكون الخط (مً ع) أفقه ثم اذا رسمنا (مً نً) بحيث يصنع مع هذا الافق زاوية مساوية لعرض البلد يكون الخط المذكور (مً نً) هو المرقم أى محور العالم واذا أنزلنا من نقطة (نً) العمود (نً ن) على خط الزوال المتجه الى الشمال والجنوب فتكون نقطة (ن) مركز البسيطة و (ف فً) خط استوائها و (ف ل) معدّل نهارها أعنى الفصل المشترك بين سطح الاستواء وسطح الافق و (ب ى) مدار السرطان ومقابله مدار الجدى ثم يطبق بعد ذلك مدار السرطان (ب ى) على سطح المساقط بالقواعد التى بيناها فى المادة (١٠٥) وتؤخذ مساحة نصف قوس أطول نهار (ة ط ى) بواسطة المنقلة ثم نصف قوس أقصر نهار (ب ط ة) وهو متمم (ة ط ى) وأما نصف قوس النهار على خط الاستواء فهو (مً فً) وهو عبارة عن تسعين درجة فى أىّ محل كان ولكونه معلوما لاحاجة الى أخذ مساحته بكيفية مخصوصة

(ثالثا) يلزم انشاء البسائط المساعدة وقد بينا كيفية ذلك فى القسم الاول بان يصير توليدها من البسيطة الاستوائية فليكن (ف فً) سطح الاستواء ولندوّره حول معدّل النهار (ف ل) حتى ينطبق على الافق بان نجعل نقطة (ف) مركزا ونرسم القوس (مً مً) وننزل من (مً) العمود (مً مً) على خط الزوال فتكون نقطة (مً) هى موضع مركز البسيطة الاستوائية على سطح بسيطتنا الافقية بعد تدويره حول معدل النهار ثم نرسم من المركز المذكور (مً) دائرة بنصف قطرها (مً س) فتكون هى البسيطة الاستوائية

ولاجل تعيين مبدأ ساعاتها ورسم البسائط المساعدة المطلوبة نلاحظ انه لوكانت هذه البسائط معدة لبيان الساعات الزوالية لكان مبدأ ساعاتها على نقطتى تقاطع خط الشمال والجنوب بمحيط البسيطة الاستوائية ولكن حيث ان اليوم الذى تكون فيه

الشمس على خط الاستواء تغرب فى نقطة (ر) وتكون الساعة الغروبية وقتئذ ١٢ مساء تكون هذه النقطة أحد مبادى الساعات الغروبية وتكون الزاوية (ر مً ن) التى مقدراها ٩٠ عبارة عن نصف مدة الليل أو النهار على خط الاستواء وتدل حينئذ على وقت الظهر فى ذلك اليوم

وأما مبدآ الساعات الآخران فيوجدان بالطريقة المذكورة فى المادة (١٠٤) وهى ان نأخذ على محيط البسيطة الاستوائية (ن مً هَ) مساويا لنصف قوس أطول نهار وهو (ء ط ك) و (ن مً هـ) مساويا لنصف قوس أقصر نهار وهو (ك ط ب) فتتعين النقطتان (هَ) و (هـ) وهما المبدآن المطلوبان

أما المبدأ (هَ) فيتبادر من أول الامر أنه مقابل لمدار السرطان و (هـ) لمدار الجدى ولكن اذا لاحظنا ان تدوير خط الاستواء (ف فَ) حول المركز (ف) وتطبيقه على سطح الافق يعكسان موضعى النقطتين المذكورتين فيرى ان المبدأ (هـ) هو الذى يقابل مدار السرطان والمبدأ (هَ) هو الذى يقابل مدار الجدى بحيث تكون الزاوية (ن مً هـ) عبارة عن نصف مدة الليل على مدار السرطان وتدل اذن على وقت الزوال بالنسبة للمدار المذكور وتكون الزاوية (ن مً هَ) عبارة عن نصف مدة الليل على مدار الجدى وتدل اذن على وقت الزوال بالنسبة لهذا المدار

فبواسطة هذه النقط الثلاث يمكن رسم ثلاث بسائط زوالية وبها يتحصل على المطلوب بل ان اثنتين من هاته النقط تكفيان كما قلنا سابقا للوصول الى المراد فعلى ذلك يلزم أن ينتخب منها الاثنتان اللتان بواسطتهما يسهل العمل أكثر من غيرهما ويقطع النظر عن الثالثة

أما النقطتان المذكورتان فاحداهما نقطة (ر) لانا اذا أمعنا النظر فى الشكل (٤٩) نرى أن البسيطة التى ترسم بأخذ هذه النقطة مبدأ يمكن استعمال خطوط ساعاتها لتعيين أثرات اثنى عشر خطا شعاعيا من الخطوط المطلوبة وحيث ان هذه الآثارات توجد فى كل وقت على معدّل النهار فلاجل تعيينها يكفى تعيين نقط تقاطع الخط (ف ل) بخطوط البسيطة الاستوائية ويوصل من هذه النقط الى نقطة (ن) فيتم رسم خطوط الساعات المارة بنقطة (ن) بغاية السهولة من غير ان يحدث أختلاط فى الخطوط وهذا هو سبب تفضيل النقطة (ر) على سواها وأما النقطة الثانية فهى (هـ) التى هى مبدأ ساعات مدار السرطان اذ البسيطة الزوالية التى ترسم بأخذ هذه

النقطة

النقطة مبدأ تكون خطوط ساعاتها محتوية على الاثرات المطلوبة وتتعين اذن جميعها بكل سهولة وأما نقطة (هـ َ) فلا يستحسن استعمالها اذ يصعب بها تعيين الاثرات المذكورة فضلا عن انه لايمكن الا تعيين سبعة منها فقط

والحاصل انه بعد أخذ نقطتى (ﻫ) و (هـ) مبدأين للساعات يلزم رسم البسائط المذكورة بالطرق التى بيناها فى القسم الاول بان نقسم محيط الدائرة الاستوائية بالابتداء من نقطة (ﻫ) الى أربع وعشرين قسما أقساما متساوية ونضع الارقام ١َ و ٢َ و ٣َ و ٤َ و ٥َ و ٦َ و .... وهكذا كما ترى فى (شكل ٥١) ثم نصل من هذه النقط الى مركز البسيطة الاستوائية وهو (مً) بخطوط مستقيمة تقطع معدل النهار (ف ل) فى نقطة مقابلة للاولى وهى ١َ و ٢َ و ٣َ و ٤َ و ٥َ و ٦َ و ...١١َ وتكون هذه النقط هى الآثار المطلوبة التى يمر من كل واحدة منها خط من خطوط ساعات البسيطة الغروبية ثم اذا اعتبرنا بعد ذلك نقطة (هـ) وقسمنا محيط الدائرة الاستوائية بالابتداء من هذه النقطة الى أربع وعشرين قسما أقساما متساوية ووضعنا عليها الارقام ١ و ٢ و ٣ و ٤ و ٥ و ٦ و ٧ ... وهكذا ثم وصلنا منها الى المركز (مً) بخطوط مستقيمة فان هذه الخطوط تقطع معدل النهار (ف ل) فى النقط ١١ و ١٢ و ١ و ٢ و ٣ و ٤ .... وهكذا واذا وصلنا من جميع هذه النقط الى مركز البسيطة (ن) بالمستقيمات (ن ١١) و (ن ١٢) و (ن ١) و (ن ٢) ... وهكذا تكون هى خطوط الساعات المحتوية على أثرات الخطوط الشعاعية المطلوبة

(رابعا) — يلزم تعيين آثار الخطوط الشعاعية التى على خطوط الساعات المرسومة آنفا ولذلك طريقتان ذكرتا فى الفصل الرابع من القسم الاول

ملخص الاولى أن نقسم محيط الدائرة (ن ى) بالابتداء من النقطة (ن) الى أقسام متساوية لخمس عشرة درجة خمس عشرة درجة ونضع على نقط التقاسيم الارقام ١٢ و ١١ و ١٠ و ... وهكذا ثم ننزل من كل واحدة منها عمودا على خط (ب ى) فمواقع هذه الاعمدة تكون المساقط الرأسية لنقط الساعات المذكورة

فاذا وصلت هذه المواقع بالمركز (مَ) نتحصل على الخطوط الشعاعية المذكورة فى المادة (١٠٢) ولاجل تعيين آثار هذه الخطوط نمدها على استقامتها حتى تقطع محور المساقط (مً نَ) ومن نقط التقاطع المذكورة نقيم أعمدة على هذا المحور ونمد

كل عمود الى أن يلاقى خط الساعـة المقابلة له فى نقطة تكون أثرا من الاثرات المطلوبة

وملخص الثانيـة أن يلاحظ ان نقط تقاطع خطوط الساعات بمعدّل النهار ظاهرة كلها على سطح البسـيطة فيمكن حينئذ تعيـين الآثار المطلوبة بواسـطة ورقة شفافة وقد بينا ذلك بالتفصـيل فى المادة (٨٠) فلا حاجة الى التكرار هنا وبعد أن تعين الاثرات المذكورة باحـدى هاتين الطريقتين يلزم وضع أرقام الساعات المناسبة لكل منها وهى ١٠ و ١١ و ١٢ و ١ و ٢ و ٣ و ٤ و ٠٠٠٠٠ و ١١ كما ترى فى الشكل

(خامسا) يلزم وصـل الآثار المذكورة بنقط السـاعات التى عيناها سابقا على معدّل النهار بحيث ان كل نقطتين موصولتين بمسـتقيم واحد يدلان على ساعة واحـدة بأن نصل نقطة (١١َ) بنقطة (١١) ونقطة (١٠َ) بنقطة (١٠) ونقطة (٩َ) بنقطـة (٩) ونقطة (٨َ) بنقطة (٨) و ٠٠٠٠٠ وهكذا الى ان نصل نقطة (١َ) بنقطة (١)

وبهذه الكيفية نكون قدرسمنا احد عشر خطا من خطوط ساعات البسيطة الغروبية وأما خط الساعة (١٢) مساء فلا يرسم لان الشمس فى ذلك الوقت وهو الغروب تكون على نفس الافق بحيث ان الاشـعة الواردة منها الى أىّ نقطـة كانت تكون موازية لسطح الافق المذكور فلا تقطعه اذن الا فيما لانهاية له وحينئذ يكون خط السـاعـة (١٢) المذكور فيما لانهاية له أيضا أى خارجا عن سطح البسيطة

وأما خط الساعه (١٢) صـباحا فمن حيث انه يمر بنقطة (ع) وبنقطة (١٢َ) التى على معدّل النهار (ف ل) فيما لانهاية له فلاجل تعيينه نرسم من نقطة (ع) خطا موازيا لمعدّل النهار المذكور فيكون هو خط الساعة المذكورة

وخطا ساعتى (١١) و(١٠) من الصـباح وان كانا يمران بنقطتى (ص) و (لَ) الا انه يلزم لتعيينهـما ايجاد نقطتين أخريين فلاجـل ذلك يلاحظ أن الخطين المذكورين عبارة عن الفصلين المشتركين بين سطحى السـاعتين المذكورتين وبين سطح البسـيطة أى الافق وبذا يسهل تعيين النقطتين المطلوبتين

وذلك بان يقـال اننـا اذا دققنـا النظر فى (الشـكل ٤٩) نرى أن سطحى السـاعتـين (١١َ) و (١١َ) يقطعان محيط خط الاستواء فى نقطتين متقابلتين ومتباعدة احداهما عن الاخرى بقدر مائة وثمانين درجة فاذا صار وصلهما بالمستقيم (١١َ) و (١١َ) يوجد

هذا

هذا الخط على سطح الاستواء ويكون عبارة عن خط شعاع الشمس المار بمركز الكرة فى الساعة (١١) من الصباح والساعة (١١) من المساء أو عبارة عن الفصل المشترك بين سطحى هاتين الساعتين ومن البديهى ان الاثر الافقى لهذا المستقيم هو نقطة تقاطع أثرى سطحى الساعتين المذكورتين أى نقطة تقاطع خطيهما وأما أثر الشعاع المذكور فهو نقطة (١١َ) التى فى شكل (٥١) على معدّل النهار (ف ل) لان خط الساعة (١١) من المساء يمر بهذه النقطة وحيث ان خط الساعة (١١) من الصباح كما قلنا يمر بها أيضا فاذا صار وصل هذه النقطة التى على معدّل النهار بنقطة (ص) نجد الخط (ص ١١) وهو عبارة عن خط الساعة (١١) من الصباح وكذلك اذا صار وصل النقطة (١٠َ) بنقطة (ك) نجد خط الساعة (١٠) من الصباح أيضا ونكون حينئذ قد رسمنا جميع خطوط ساعات البسيطة الغروبية

واذا وصلنا بخط منحن جميع الآثار المتولدة من كل من المدارين نجد المنحنى المظلم المقابل لمدار السرطان والمنحنى المظلم المقابل لمدار الجدى وهذان المنحنيان بتقاطعهما بخطوط الساعات يعينان أطوال الخطوط المذكورة

(تنبيـــه)

ان خطوط ساعات البسيطة الافقية المرسومة آنفا تدل على أوائل الساعات فقط فاذا أريد دلالتها على انصاف الساعات أو على ارباعها يلزم كما تقدم فى القسم الاول أن يقسم محيط الدائرة الاستوائية الى ثمانية وأربعين قسما أو الى ستة وتسعين أقساما متساوية بدلا من أربعة وعشرين ثم يجرى العمل كما تبين قريبا

هـذا ولمنع اختلاط سطح البسيطة بالاشكال الغير الضرورية يمكن بعد اتمام رسمها مسح ماسوى خطوط الساعات والمنحنيين المظلمين ومعدل النهار وخط الزوال فبعد ذلك تتعين الاوقات برصد ظل رأس الشاخص (ح مَ) الموضوع فى نقطة (م) أو برصد الضوء الحادث من ثقب لوحة منقوبة موضوعة على الرأس المذكور

(الفصـــل الرابـع)

(فى البسائط العمودية)

(١٠٨) البسائط العمودية هى التى ترسم على سطوح عمودية على الافق وهى بالنسبة

الى سطح نصف النهار تكون على ثلاث أوضاع مختلفة كما تقدم بيانه فى القسم الاول فان سطح البسيطة اما ان يكون عموديا على سطح نصف النهار واما موازيا له واما منحرفا عليه من الجهة الشرقية أومن الجهة الغربية صانعا معه زاوية تما غير قائمة ففى الحالة الاولى يسمى سطح البسيطة بالسطح الرأسى الاول وفى الثانية بالسطح الرأسى الثانى وفى الثالثة بالسطح المنحرف أو الرأسى الثالث ولرسم البسيطة على كل نوع من أنواع هذه السطوح قواعد وأصول مخصوصة نذكرها على الولاء فنقول

(فى رسم البسيطة على السطح الرأسى الاول)

(١٠٩) يبتدأ فى هذه الحالة بوضع السطح المراد رسم البسيطة عليه وضعا رأسيا على الافق وعموديا على سطح نصف النهار ثم يباشر فى الاعمال الخمسة الآتية

(العمل الاول) ـ تؤخذ نقطة مثل (ب) وينصب عليها شاخص عمودى على السطح المفروض يكون طوله مناسبا لقدر البسيطة وليكن (ب مَ) ثم يرسم من نقطة (ب) المذكورة خط رأسى فبمقتضى ماتقدم فى القسم الاول يكون هذا الخط هو الفصل المشترك بين سطح البسيطة وبين سطح نصف النهار المار برأس الشاخص أعنى انه يكون خط الزوال أو نصف نهار البسيطة

(العمل الثانى) يعين مبدأ ساعات البسيطة الاستوائية بان يبحث عن نصف قوس أطول نهار ونصف قوس أقصر نهار وكيفية ذلك مذكورة بالتفصيل فى المادة (١٠٥) فلا حاجة الى تكرارها هنا

(العمل الثالث) ـ يعين مركز البسيطة ومعدل نهارها ثم تدور الدائرة الاستوائية المارة برأس الشاخص حول معدل النهار وتطبق على سطح البسيطة وهذا بقصد رسم البسائط المساعدة

أما تعيين مركز البسيطة فيرسم من موقع الشاخص (ب) الخط (هـ ى) موازيا للافق أى عموديا على خط الزوال ثم يدور سطح نصف النهار حول خط الزوال المذكور (م مً) حتى ينطبق على سطح البسيطة فينطبق الشاخص على طوله الحقيقى (بمً) واذا رسمنا من نقطة (مً) خطا مستقيما بحيث يصنع مع (مً ب) زاوية مساوية لعرض البلد فانه يلاقى خط الزوال فى نقطة (م) تكون هى مركز البسيطة المطلوب ويكون خط (مَم) موضع المرقم الذى يفرض مروره من رأس الشاخص

ثم

ثم اذا رسمنا من نقطة (مَ) الخط (مَ ر) عموديا على موضع المرقم المذكور ومن نقطة
(ر) الخط (ل ف) موازيا للافق فعلى ماتقرر فى المادة (٥٢) يكون خط (مَ ر) هو
خط الاستواء وخط (ل ف) هو معدّل النهار واذا دوّرنا نقطة (مَ) حول نقطة(ر)
حتى تجىء فى نقطة (مً) تكون هذه النقطة مركز البسيطة الاستوائية بعد
تدويرها حول معدّل النهار وتطبيقها على سطح البسيطة واذا رسمنا من هذا المركز
دائرة بنصف قطر مّا مثل (مً ن) فهذه الدائرة تبين محيط البسيطة الاستوائية

وحيث ان البسائط المساعدة لانشاء بسيطتنا هى عبارة عن بسيطتين احداهما
البسيطة الاستوائية المقابلة لمدار الجدى والاخرى البسيطة الاستوائية المقابلة لخط
الاستواء فبدأ ساعاتهما يوجد ان كما قيل فى المادة (١٠٤) بأخذ(م مً ن = نصف قوس
الليل بالنسبة لمدار الجدى) أى بجعل أحدهما فى النقطة (ن) المقابلة على محيط
البسيطة الاستوائية لوقت زوال يوم الانقلاب المفروض والآخر فى نقطة (نَ)
الناتجة من أخذ (م مً نَ = ٩٠) فاذا قسم محيط الدائرة الاستوائية الى أربع
وعشرين قسما أقساما متساوية بالابتداء من كل من هاتين النقطتين (ن) و(نَ)
نجد نقط ساعات بسيطة خط الاستواء وهى (١َ ، ٢َ ، ٣َ ، ٤َ ، ٥َ ، ٦َ ... وهكذا)
ثم نقط ساعات بسيطة مدار الجدى وهى(١ ، ٢ ، ٣ ، ٤ ، ٥ ، ٦ ، ٧ ، ... وهكذا)
فنصل من كل واحدة الى المركز(مً) بخطوط نمدّها على استقامتها حتى تلاقى معدّل
النهار ونشير الى نقط التلاقى الناشئة عن نقط بسيطة خط الاستواء بالارقام الآتية وهى
(١َ) و(٢َ) و(٣َ) و(٤َ) و ..... و(١١َ) فعلى ماسلف تكون هذه النقط
عبارة عن أثرات الخطوط الشعاعية ونكون حينئذ قد عينا نقطة من نقط كل خط
من خطوط الساعات المطلوبة ثم نشير بالارقام (٣) و(٤) و(٥) و(٦) و(٧) و(٨)
و... (١٢) الى النقط الناشئة عن بسيطة مدار الجدى فتكون هى النقط التى
تمر بها خطوط الساعات المحتوية على أثرات الخطوط الشعاعية المقابلة لهذه البسيطة
فاذا وصلنا هذه النقط الى مركز البسيطة (م) بالخطوط (م٣) و(م٤) و(م٥) و(م٦)
و(م٧) و... (م١٢) فان هذه الخطوط تحتوى على الاثرات المتقدم ذكرها

(العمل الرابع) يعين لكل خط من خطوط ساعات البسيطة نقطتان وقد قلنا ان كل
واحد من هذه الخطوط يمر بواحدة من النقط (١َ ، ٢َ ، ٣َ ، ٤َ ، ٥َ ، ٦َ ، ٧َ ، ..... ، ١١َ)
التى على معدل النهار فلايجاد النقط الاخرى نلاحظ انها تمر بالمستقيمات (م٣) و(م٤)

(م٥) (م٦) ٠٠٠٠ (م١٢) كما تقدم القول فى ذلك ويمكن تعيينها بواسطة الورقة الشفافة التى تكلمنا عليها فى المادة (٨٠) فبتلك الطريقة نجد على هذه المستقيمات النقط (٣) و(٤) و(٥) و(٦) و (٧) و(٨) و ٠٠٠٠ و (١٢) ونكون حينئذ قد عينا نقطتين من كل خط من خطوط ساعات البسيطة الا الاورقه التى نحن بصددها

(تنبيه) حيث ان أشعة الشمس الواصلة للاجسام فى وقت الشروق والغروب موازية للافق ففيما عدا البسائط الافقية يقع ظل رأس الشاخص فى ذينك الوقتين على الفصل المشترك بين سطح البسيطة وبين السطح المرسوم من الرأس المذكور موازيا لسطح الافق ولذلك يقع هذا الظل فى البسيطة التى نحن مشتغلون بها على الخط (هـ ى)

(العمل الخامس) — ترسم خطوط الساعات ويكفى لرسمها وصل كل أثرين مبينين لساعة واحدة من أثرات الخطوط الشعاعية التى عيناها سابقا بخط مستقيم أما هذه الاثرات فهى (١َ و ٢َ و ٣َ و ٤َ و ٥َ و٦َ و ٠٠٠٠ و (١١َ) الموجودة على معدّل النهار و (٣ و٤ و٥ و٦ و٧ و٠٠٠٠ و ١٢) الموجودة على الخطوط (م٣)(م٤)(م٥)٠٠٠٠ (م١٢) فبناء على ما ذكر نرسم الخطوط المستقيمة (٣٣َ) و (٤٤َ) و (٥٥َ) و(٦٦َ) و(٧٧َ) و٠٠٠ و(١١ ١١َ) فنجد بهذه الطريقة تسعة خطوط من خطوط الساعات المطلوبة أما خط الساعة (١٢) من المساء فنجده بملاحظة أنه يمر بنقطة (١٢) من الخط (م ١٢) ومن نقطة (١٢) التى فيما لانهاية له على معدّل النهار فبناء على هذا اذا رسمنا من نقطة (١٢) التى على (م ١٢) خطا موازيا لمعدل النهار نجد خط الساعة (١٢) المذكور ولا يخفى ان هذا الخط انما هو عبارة عن الفصل المشترك بين سطح البسيطة و بين السطح المرسوم من رأس الشاخص موازيا للافق

واذا أمررنا بعد ذلك منحنيا من الاثرات المذكورة نجد المنحنى المظلم المقابل لمدار الجدى وبنفس هذه الطريقة نجد المنحنى المظلم المقابل لمدار السرطان وحيث ان نقطة الساعه (١٢) موجودة على هذا المنحنى الثانى فبوصلها الى نقطة (٢َ) يحدث خط الساعة الثانية من الصباح

هذا ولنلاحظ ان الشمس فى أثناء ما تكون فى نصف الكرة الشمالى توجد كل يوم بعد شروقها بقدر قليل وراء سطح البسيطة وكذلك قبل غروبها بذلك القدر ولهذا

السبب

السبب لا يمكن أن هذه البسيطة تدل على الاوقات المذكورة فيستحسن للدلالة عليها رسم بسيطة اخرى من وراء سطحها ان أمكن لاتمام الفائدة

(فى رسم البسيطة على السطح الرأسى الثانى)

(١١٠) ان السطح الرأسى الثانى هو عبارة عن نفس سطح نصف النهار وان هذا السطح له وجهان أحدهما شرقى والآخر غربى فلنذكر كيفية رسم البسيطة الغروبية على كل من هذين الوجهين

(فى كيفية رسم البسيطة على الوجه الشرقى)

(١١١) (العمل الاول) يعين السطح الذى يراد انشاء البسيطة على وجهه الشرقى ثم يؤخذ عليه نقطة (م) (شكل ٥٣) وينصب عندها الشاخص (م مَ) عموديا على سطح البسيطة وحيث ان نصف نهارها لا يوجد على سطحها بل على سطح الافق كما بينا ذلك فى المادة (٥٥) فلا حاجة للاشتغال به هنا .

(العمل الثانى) ـ يعين مبدأ ساعات البسيطة الاستوائية المفروض انطباقها على سطح البسيطة ولاجل ذلك يحسب نصف قوس أطول نهار أو أطول ليل ونصف قوس أقصر نهار أو أقصر ليل بالنسبة لعرض المحل وقد تقدم تفصيل ذلك فى المادة (١٠٥)

(العمل الثالث) ـ ترسم البسائط المساعدة ولاجل ذلك تستعمل الطريقة المذكورة فى القسم الاول ولكن لما كان مبدأ ساعات البسيطة الاستوائية يتغير هنا وجب أن نذكر على سبيل الاجمال بعضا من العمليات التى يلزم اجراؤها فنقول

لترسم من موقع الشاخص (م) الخط (ح ى) موازيا للافق فيكون هذا الخط عبارة عن الفصل المشترك بين الافق وبين السطح المرسوم افقيا من رأس الشاخص المذكور أعنى أنه يكون أفق البسيطة . ثم اذا رسمنا من تلك النقطة (م) خطا متجها الى الشمال والجنوب ويصنع مع (ح ى) زاوية مساوية لعرض البلد يكون ذلك الخط هو محور العالم ثم اذا رسمنا من (م) الخط (ف ل) بحيث يحدث زاوية مساوية لتمام العرض أى يكون عموديا على محور العالم فهذا الخط يكون معدل النهار

ونبحث بعد ذلك عن مركز البسيطة الاستوائية التى تتخيل انطباق محيطها على سطح البسيطة فنأخذ على محور العالم بعد (م مَ) مساويا لطول الشاخص الموضوع فى

(م) فتكون نقطة (مَ) عبارة عن المركز المذكور واذا رسمنا منه دائرة (نَ ن ع) بنصف قطر مّا تكون هذه الدائرة هى دائرة البسيطة الاستوائية

هذا وأنفع مايمكن استعماله هنا من البسائط المساعدة بسيطتان احداهما بسيطة خط الاستواء والاخرى بسيطة مدار السرطان فلانشائهما نبحث عن مبدأى ساعاتهما ولاجل ذلك نعين النقطة (ع) التى هى مبدأ الساعات لبسيطة استوائية بالكيفية المذكورة فى القسم الاول ثم نأخذ على محيط دائرتنا نقطة (نَ) على بعد تسعين درجة من (ع) فتكون (نَ) هى مبدأ ساعات بسيطة خط الاستواء وأما مبدأ ساعات بسيطة مدار السرطان فهو نقطة (ن) التى على بعد من (ع) مساو لوقت زوال المدار المذكور أى لنصف قوس ليله

فاذا قسمنا محيط الدائرة الى أربع وعشرين قسما أقساما متساوية بالابتداء من كل من النقطتين (نَ و ن) نجد نقط ساعات بسيطة خط الاستواء وهى (٩َ و ١٠َ و ١٢َ و ٠٠٠٠ و ١َ و ٢َ و ٥َ) ثم نقط ساعات بسيطة مدار السرطان وهى (٩ و ١٠ و ١١ و ١٢ و ١ و ٢ و ٣) ونصل بعد ذلك من هذه النقط الى مركز البسيطة الاستوائية (مَ) بخطوط مستقيمة فتقطع معدل النهار (ف ل) فى نقط فنضع على كل منها رقم الساعة المقابلة لها وهى (٩َ و ١٠َ و ٠٠٠٠٠ و ٥َ) و (٩ و ١٠ و ٠٠٠٠٠ و ٣) أما النقط (٩َ و ١٠َ و ٠٠٠٠٠ و ٥َ) فكل واحدة منها نقطة من النقطتين اللتين يعينان خطا من خطوط ساعات بسيطتنا كما تقدم نظيره فى البسائط الاخرى وأما النقط (٩ و ١٠ و ٠٠٠٠٠ و ٥) فهى نقط يمر بها خطوط ساعات البسيطة الزوالية المقابلة لمدار السرطان وكل واحدة منها تحتوى على أثر من آثار الخطوط الشعاعية فلنرسم من هذه النقط خطوطا موازية لمحور العالم فتكون هذه الخطوط هى خطوط ساعات البسيطة الزوالية المار ذكرها وأماتعيين الآثارات المحتوية عليها هذه الخطوط فيكون على الوجه الذى نذكره الآن فنقول

(العمل الرابع) تعين أثر الخطوط الشعاعية الواقعة على خطوط الساعات التى رسمناها فى العمل السابق وذلك باحدى طريقتين

(الاولى) هى عين الطريقة المستعملة فى المادة (٧٧) غيرأن سطح بسيطتنا لما كان نفس سطح نصف النهار يمكن اختصارها بان نجعل نقطة (م) مركزا ونرسم دائرة بنصف قطر مساو لطول الشاخص (م مَ) فتدل هذه الدائرة على وضع الكرة السماوية

بالنسبة

بالنسبة لعرض المحل ثم نرسم المدارين ونعين عليهما مساقط نقط الساعات كما تقدم مثاله ونصل من هذه المساقط الى المركز (م) بخطوط مستقيمة ونمد كلا منها الى أن يلاقى خط الساعة المقابلة له فنقط التلاقى التى توجد بهذه الكيفية هى أثرات الخطوط الشعاعية المطلوبة أعنى النقط التى تتعين بها خطوط ساعات البسيطة الغروبية لان خطوط الساعات المذكورة انما هى عبارة عن الفصول المشتركة بين سطح البسيطة وبين سطوح ساعاتها والخطوط الشعاعية كل واحد منها يوجد فى سطح من هذه السطوح فعلى ذلك كل خط شعاعى لساعة مفروضة يلاقى خط هذه الساعة فى نقطة هى عبارة عن أثره على سطح البسيطة

(الثانية) هى تقرب من الطريقة المذكورة فى المادة (٨٠) التى بمقتضاها قد دورنا سطوح الساعات حول خطوطها وطبقناها على سطح البسيطة غير انه لما كان يوجد بين هاتين الطريقتين فرق لزم أن نذكر هذه بالتفصيل فنقول

لنطبق سطح الساعة (١٢) على سطح البسيطة ولاجل ذلك نلاحظ أن السطح المذكور يمر برأس الشاخص ويقطع سطح البسيطة على خط (ک کَ) وحيث ان هذا الشاخص عمودى على البسيطة فى نقطة (م) فاذا تخيلنا سطح الاستواء المار برأس الشاخص المذكور نراه يقطع سطح الساعة (١٢) وسطح البسيطة ويكون مثلثا قائم الزاوية ارتفاعه نفس الشاخص وقاعدته (ى م) ووتره الخط الواصل من نقطة (ى) الى رأس هذا الشاخص ويكون (ى م) مسقط الوتر المذكور فمن حيث ان هذا المثلث موجود على سطح الاستواء وقد طبقنا هذا السطح على سطح بسيطتنا يكون المثلث (ى مَ م) هو عبارة عن المثلث السابق ذكره

وحينئذ اذا فرضنا تدوير سطح الساعة (١٢) حول أثره (ک کَ) وتطبيقه على سطح البسيطة ينطبق وتر المثلث على معدل النهار (ى ف) بحيث ان أحد طرفيه يبقى فى نقطة (ى) والآخر يقع فى نقطة (مً) وتتعين برسم القوس (مَ مً) من المركز (ى) وبنصف قطر يعادل الوتر المذكور (ى مَ) وتكون حينئذ نقطة (مً) هى موضع رأس الشاخص على سطح البسيطة بعد تطبيق سطح الساعة (١٢) عليها

وحيث ان الشعاع الوارد من الشمس الى رأس الشاخص فى يوم وجودها على مدار السرطان يصنع مع خط الاستواء من جهة الشمال زاوية تساوى (٢٨َ ٫٫ ٢٣) فاذا

رسمنا خط (مً و) بحيث يصنع مع معدّل النهار من الجهة الشمالية زاوية مساوية لهذا المقدار يكون هذا الخط عبارة عن موضع خط شعاع الساعة (١٢) على سطح البسيطة واذا مددناه الى أن يلاقى خط الساعة المذكورة وهو (ى ىَ) فنقطة التلاقى (١٢) تكون الاثر المطلوب للشعاع السابق ذكره

وبهذه الكيفية تتعين سائر الاثرات المبحوث عنها مثلا اذا أردنا تعيين الاثر الموجود على خط الساعة (ع عَ) نرسم من نقطة تقاطعه (هـ) بمعدّل النهار القوس (مَ مً) ونرسم (مً حً) موازيا لخط (و حَ) فيقطع (ع عَ) فى نقطة (١) هى الاثر المطلوب

(نتيجـــــة)

ينتج مما تقدم طريقة سهلة لاتمام العمل المطلوب وهى أن نرسم على ورقة شفافة زاوية تساوى (٢٨َ ٢٣°) ولتكن (حـ ب هـَ) (شكل ٥٣) فمتى أريد تعيين الاثر الموجود على خط مّا من خطوط الساعات مثل (ع عَ) نضع نقطة (ب) التى فى الورقة على نقطة (مَ) والضلع (ب هـَ) على الخط (مَ هـ) ثم ندور الورقة حول نقطة (هـَ) المنطبقة على (هـ) حتى يقع الضلع المذكور على معدّل النهار فتقع نقطة (ب) على نقطة (مً) وضلع (ب حـ) على الخط (مً حً) فامتداد هذا الضلع يلاقى (ع عَ) فى النقطة (١) المطلوبة فتتعين

وبالجملة فلا بد لاتمام رسم بسيطتنا من تعيين الآثار الموجودة على خطوط الساعات وهى النقط (٩ و ١٠ و ١١ و ١٢ و ١ و ٢ و ٣)وذلك مهما كانت الطريقة المستعملة

(العمل الخامس) أن ترسم خطوط ساعات البسيطة ولذلك توصل آثار الخطوط الشعاعية التى تقدّم كيفية تعيينها بخطوط مستقيمة بحيث ان كل خط يصل نقطتين دالتين على ساعة واحدة فنصل كل نقطة من النقط (٩َ و ١٠َ و ١١َ و ١٢َ و ١َ و ٢َ و ٣َ و ٤َ و ٥َ) التى على معدّل النهار (ف ل) بالنقطة المقابلة لها التى على أحد خطوط الساعات المرسومة على موازاة محور العالم أى باحدى هذه النقط (٩ و ١٠ و ١١ و ١٢ و ١ و ٢ و ٣) وبعبارة أخرى نصل النقطة (٩َ) بالنقطة (٩) والنقطة (١٠َ) بالنقطة (١٠) وهلم جرا فيحدث عندنا سبعة خطوط من الخطوط المطلوبة

واما

وأما سائر الخطوط كخطوط الساعات (٤) و(٥) و(٦) فمع أنه يوجد عندنا من كل واحد منها نقطة على معدّل النهار لا توجد النقط الاخرى على المنحنى المظلم لمدار السرطان بل توجد على المنحنى المظلم لمدار الجدى ولذلك يلزم لتعيينها ان نرسم البسيطة الزوالية المقابلة لهذا المدار هذا مافعلناه لتعيين النقط (٤) و(٥) و(٦) على مدار الجدى كما ترى فى الشكل ومحونا الخطوط الزائدة لمنع الاختلاط فى الرسم فاذا وصلنا النقطتين (٤) و(٥) بالنقطتين المقابلتين لهما على معدّل النهار (ف ل) وهما (٤َ) و (٥َ) نجد خطى الساعتين (٤) و (٥) وأما خط الساعة (٦) فنلاحظ أنه يمر بالنقطة (٦) التى على منحنى مدار الجدى وبالنقطة (٦َ) التى فيما لانهاية له على معدّل النهار فاذا رسمنا من نقطة (٦) المذكورة خطا موازيا لمعدّل النهار هذا نجد الخط (٦ ٦) وهو خط الساعة (٦) المطلوب وبعد ذلك نضم نقط الساعات المقابلة لكل واحد من المدارين الى بعضها بخطين منحنيين فيحدث المنحنيان المظلمان للمدارين المذكورين هذا ولنلاحظ ان ظل رأس شاخص البسيطة لا يتجاوز أبدا الخط (ح ى) المرسوم على موازاة الافق فبناء على ذلك لاحاجة لتمديد خطوط الساعات من أعلى الخط المذكور

(فى كيفية رسم البسيطة على الوجه الغربى)

(١١٢) ان طريقة رسم البسيطة الغروبية على الوجه الغربى من السطح الرأسى الاول هى بعينها طريقة رسم هذه البسيطة على الوجه الشرقى للسطح المذكور وقد قدّمنا الكلام عليها فلا داعى الى الخوض فى التفصيلات مرة ثانية ونقتصر على اجراء الرسم فى الشكل (٥٤) غير أنه يلزمنا التنبيه على أمرين الاول ان الخط المتجه الى الشمال والجنوب فى البسيطة التى تقدّم رسمها فى الشكل (٥٣) جزؤه الشمالى فوق الافق على اليمين وأما فى شكلنا هذا فجزؤه المذكور لابد أن يكون فوق الافق أيضا ولكن على اليسار والثانى ان مبدأ ساعات مدار السرطان (ى) يتعين أيضا بواسطة وقت زوال المدار المذكور أى بواسطة مقدار نصف مدّة ليله غير أنه يلزم فصل هذا المقدار بالابتداء من النقطة (عَ) كما ترى فى الشكل (٥٤) بدلا من فصله بالابتداء من نقطة (ع) كما تقدّم فى الشكل (٥٣)

(فى كيفية رسم بسيطة السطح الرأسى الثالث أى المنحرفة الغروبية)

(١١٣) قلنا ان المنحرفة هى البسيطة التى سطحها عمودى على الافق وتصنع مع سطح

نصف النهار زاوية ما ورسمها اما ان يكون بتعيين الزاوية المذكورة أى الميل الشرقى أوالغربى لسطحها على سطح نصف النهار واما أن يكون بدونه وفى كلتا الحالتين لابدّ من تطبيق القواعد التى ذكرناها فى الفصل الثالث من القسم الاول فيما يتعلق بالبسائط الزوالية ولكن حيث ان انشاء البسيطة بدون تعيين الزاوية المذكورة هو أسهل الطريقتين فلزيادة الفائدة سنذكر بعض الماعات تتعلق بهذه الطريقة

(فى بيان الاعمال الثلاثة التى يلزم اجراؤها)

استعمال الطريقة المذكورة آنفا يلزم له اجراء خمس عمليات ثلاث منها تعلم مما ذكرناه مفصلا فى المواد (٦٤) و (٦٥) و (١٠٥) فلا داعى لذكرها هنا وقد رسمنا الشكل (٥٥) بالعمليات المذكورة ووضعنا فيه لزيادة السهولة عين الحروف التى وضعناها فى الشكلين المبحوث عنهما فى المواد السابق ذكرها وهما شكلا (٣٠) و (٣١) غير أن من الضرورى التكلم على تعيين مبدا ساعات البسيطة الاستوائية وابيان ذلك نقول

لنفرض نقطة (ب) شكل (٥٥) موقع الشاخص العمودى أومسقط مركز اللوحة المثقوبة وليكن (ب بَ) طول هذا الشاخص ثم لنرسم خط الزوال (م هـ) بواسطة ساعة ذات حركة منتظمة ونرسم من نقطة (ب) عمودا على هذا الخط أوموازيا للافق وليكن (ع عَ) ولنفرض سطحا أفقيا مارّا بهذا الخط (ع عَ) وندوّره حوله حتى ينطبق على سطح البسيطة فيحدث المثلث (ب بَ ح) الذى وتره (بَ ح) عبارة عن الفصل المشترك بين السطح الافقى المذكور وبين سطح نصف النهار المارّ بالخط (م هـ) ثم نجعل (ح) مركزا ونرسم قوسا بالبعد (ح بَ) حتى تنطبق نقطة (بَ) على (ع عَ) فى نقطة (بً) فتكون هذه النقطة موضع رأس الشاخص على سطح البسيطة بعد تدوير نصف النهار حول خط الزوال (م هـ) ثم نرسم من هذه النقطة خطا يصنع مع (ع عَ) زاوية (ح بً م) مساوية لعرض البلد فيكون ضلع (بً م) موضع المرقم على سطح البسيطة وتكون نقطة (م) مركز البسيطة ثم من نقطة (بً) نقيم العمود (بً هـ) فيكون موضع خط الاستواء ونقطة تقاطع هذا الخط بخط الزوال وهى (هـ) تكون عبارة عن نقطة من أثر خط الاستواء المذكور واذا وصلنا بين نقطتى (م) و (ب) بخط مستقيم ومددناه الى نقطة

(ق) يكون خط (م ن) ماتحت المرقم ويرسم عمود على هـذا الخط من نقطة (هـ) يحدث أثر خط الاستواء وهو معدّل النهار (ل ف)

واذا أريد بعد ذلك تدوير خط الاستواء حول معدّل النهار لتطبيقه على سطح البسيطة يلزم تدوير سطح مسقط المرقم حول ماتحت المرقم وتطبيقه على البسيطة

ولاجل ذلك نقيم من نقطة (ب) العمود (ب بً) على ماتحت المرقم ونأخذ عليـه بعـد (ب بً) = ب بَ وهو طول الشاخص ثم نصـل (م بً) و (ن بً) فنكون قد طبقنا سطح المسقط الآنف ذكره على سطح البسيطة ثم نجعل نقطة (ن) مركزا ونرسم قوسا بنصف قطر مساو لبعد (ن بً) فتحدث نقطة (بً) على ماتحت المرقم تكون موضع مركز البسيطة الاستوائية على بسيطتنا بعد تدويره حول معدّل النهار فاذا رسمنا من هذا المركز دائرة ببعد ما (بً ع) يحدث محيط البسيطة الاستوائية

هذا وحيث ان البسيطتين المساعدتين هنا هما بسيطة مدار السرطان و بسيطة خط الاستواء فلنبحث الآن عن مبدأى ساعاتهما فنقول

لو كان القصد من البسيطة المطلوبة بيان الساعات الزوالية لكان مبدأ ساعاتها بمقتضى ماذكر فى مادة (٦٥) عند تقاطع الخط (بً هـ) بمحيط البسيطة الاستوائية ولكن مبدأ ساعات بسيطة خط الاستواء التى نحن بصددها يبعد عن تلك النقطة بتسعين درجة فنقطة تقاطع الخط (بً هـ) بالمحيط المذكور تكون حينئذ عبارة عن نقطة الساعة (٦) وبأخـذ نقطة (عَ) على بعد ٩٠° منها تكون مبـدأ الساعات المطلوبة لبسيطة خط الاستواء

ثم نقسم محيط دائرة البسيطة الاستوائية بالابتداء من نقطة (عَ) المذكورة الى أربعة وعشرين قسما أقساما متساوية ونضع على نقط التقاسيم الارقام (٥ً و ٦ً و ٧ً و . . . . و ١٢ً) ونصل من كل منها الى المركز (بً) ونمد خطوط التوصيل الى ان تلاقى معـدّل النهار فى النقط (٥َ و ٦َ و ٧َ و . . . . . و ١٢َ) فتكون كل واحـدة منها أثرا لخط من الخطوط الشعاعية أى نقطة من النقطتين اللتين يمر بهما خط من خطوط ساعات البسيطة الغروبية

هذا بالنسبة لمبدا ساعات بسيطة خط الاستواء وأما مبدأ ساعات بسيطة مدار السرطان فلايجاده نرسم خط (بً ع) بحيث يصنع مع (هـ بً) زاوية مساوية

لوقت زوال مدار السرطان أى لنصف مدة ليله فنقطة تقاطع ذلك الخط (ع) بمحيط الدائرة الاستوائية تكون المبدأ المذكور ثم نقسم هذا المحيط بعد ذلك الى أربعة وعشرين قسما أقساما متساوية بالابتداء من نقطة (ع) ونشير الى نقط التقاسيم بالارقام (٣ , ٤ , ٥ , ٦ , ... , ١٢) ونصل من كل منها الى المركز (ت) ونمد خطوط التوصيل الى ان تلاقى معدّل النهار (ل ف) فى النقط (٥ , ٦ , ٧ , ٨ , ... , ١٢) ثم نصل من هذه الى مركز البسيطة (م) بالخطوط (م٥ , م٦ , م٧ , ... , م١٢) فتكون هى خطوط ساعات بسيطة مدار السرطان

(العمل الرابع) ان يجرى تعيين النقطتين اللازمتين لرسم كل خط من خطوط ساعات البسيطة الغروبية أى اثرات الخطوط الشعاعية ومن حيث اننا عينا فيما سبق بعض هذه النقط وهى (٥ , ٦ , ٧ , ... , ١٢) التى على معدّل النهار فلنبحث الآن عن البعض الباقى فنقول

من المعلوم ان هذه النقط توجد على خطوط ساعات مدار السرطان أى على الخطوط (م٥ , م٦ , م٧ , ... , م١٢) التى تقدم تعيينها فباستعمال طريقة الورقة الشفافة المذكورة فى المادة (٨٠) تتعين عليها النقط (٥ , ٦ , ٧ , ٨ , ... , ١٢) وهى النقط المطلوبة

(العمل الخامس) ان ترسم خطوط ساعات البسيطة المبحوث عنها وذلك برسم خطوط مستقيمة مارة بكل نقطتين مبينتين لساعة واحدة من النقط التى تعينت سابقا أى من النقط (٥َ , ٦َ , ٧َ , ... , ١٢َ) التى على معدّل النهار (ف ل) والنقط (٥ , ٦ , ٧ , ٨ , ... , ١٢) التى على الخطوط (م٥) (م٦) (م٧) (م٨) .... (م١٢) فنجد الخطوط (٥٥َ) و (٦٦َ) و (٧٧َ) و ..... (١٢ ١٢َ) وهى خطوط ساعات البسيطة الغروبية المطلوبة وبوصل الاثرات المذكورة بخط منحن يحدث المنحنى المظلم لمدار السرطان وبهذه الطريقة يرسم المنحنى المظلم لمدار الجدى

(الفصـــــل الخامس)

(فى رسم البسيطة على سطح مستو فى أىّ وضع كان)

(١١٤) يلزم لرسم البسيطة الغروبية على أىّ سطح مستو كالبسيطة المرسومة فى الشكل (٥٦) ان تتبع القواعد التى ذكرت فى المواد (٧٠ , ٧١ , ٧٢ , ٧٣) ولا

داعى لاعادة القول فيها وانما ينبغى التنبيه على بعض أمور لم يسبق ذكرها فيما مر ولنشرع فى ذلك فنقول

ان هذه البسيطة ترسم بواسطة بسيطة مدار السرطان وبسيطة خط الاستواء فلتعيين مبدأى ساعات هاتين البسيطتين نجرى العمل بالطريقة المتقدمة فى المادة السابقة بأن نأخذ هـ ت ع = ٩٠° فنجد مبدأ الساعات (ع) لبسيطة خط الاستواء ثم نأخذ هـ ت ع = نصف قوس الليل المقابل لمدار السرطان فنجد مبدأ الساعات (ع) لبسيطة المدار المذكور ثم نقسم محيط البسيطة الاستوائية بالابتداء من كل من هاتين النقطتين الى أربعة وعشرين قسما أقساما متساوية ونصل من نقط التقاسيم الى مركز البسيطة المذكورة (ت) ونمد خطوط التوصيل الى ان تلاقى معدل النهار فى (٤َ و ٥َ و ٦َ و ٧َ و .... و ١٢َ) وفى (٣ و ٤ و ٥ و ٦ و .... و ١٢) أما (٤َ و ٥َ و ٦َ و ٧َ و .... و ١٢َ) فكل واحدة منها يمر بها خط من خطوط ساعات البسيطة الغروبية وأما (٣ و ٤ و ٥ و ٦ و .... و ١٢) فنصل منها الى مركز البسيطة (م) ونعين عليها الاشارات (٣ و ٤ و ٥ و ٦ و .... و ١٢) بواسطة طريقة الورقة الشفافة المذكورة فى المادة (٨٠) ثم ترسم المستقيمات (٤ َ٤ و ٥٥َ و ٦٦َ و .... و ١٢َ ١٢) فتكون هى خطوط ساعات البسيطة المطلوب رسمها

ونرسم بعد ذلك المنحنى المظلم لمدار السرطان ثم المنحنى المظلم لمدار الجدى ونتمم مانقص من الرسم بالكيفية المتقدم ذكرها

(فى رسم البسيطة على أسطح مستديرة)

(١١٥) ماذكرناه من القواعد الى هنا انما هو لرسم البسيطة الغروبية على سطوح مستوية فى مواضع مختلفة وبما أنه يمكن رسمها بقواعد الهندسة الوصفية على بعض الاسطح المستديرة أيضا كالكرة والاسطوانة لزم أن نبين ذلك فيما يأتى فنقول

(فى رسم البسيطة على السطح الداخلى لقطعة كروية)

(١١٦) لنفرض كرة بنصف قطر مناسب لعظم البسيطة المطلوب رسمها (شكل ٥٧) ولكن (هـ هـَ) الافق و (ى ك) خط الاستواء الصانع معه زاوية مساوية لعرض البلد ثم (ط حَ) و (ف ح) المدارين ولنفرض وضع لوحة مثقوبة فى مركز الكرة (م) فاذا راقبنا مسير الشمس ترى أنها فى أثناء وجودها فوق الافق تحدث كل يوم من

ثقب اللوحة ضوأ لايمكنه الخروج من القطعة الكروية (بَ حَ عَ ع ح ب) وحينئذ يمكن رسم البسيطة المذكورة بتمامها فى القطعة (ع ح هـ ب) وصرف النظر عن سائر اجزاء الكرة المفروضة ثم لنلاحظ أنه فى وقت شروق الشمس من النقطة (عَ) التى على مدار السرطان يكون الخيال الضوئى الحادث من ثقب اللوحة فى نقطة (ب) وانه حين ورودها الى النقطة (ط) يكون ذلك الخيال فى نقطة (ح) وحين ورودها الى (ل) يكون على نقطة (١١) القريبة من (ع) ووقتما تصل الى نقطة الغروب (بَ) يجىء الخيال فى نقطة (ع) فينتج من ذلك ان مدّة الليل المقابل لمدار الجدى وهى القوس (ع ح ب) عبارة عن المنحنى المظلم لمدار السرطان ومبدأ ساعاته يكون اذن (ع) وكذلك مدّة الليل المقابل لمدار السرطان وهى القوس (عَ حَ بَ) عبارة عن المنحنى المظلم لمدار الجدى ومبدأ ساعاته يكون اذن نقطة (عَ) فاذا قسمنا محيطى المدارين الى أربعة وعشرين قسما أقساما متساوية بالابتداء من النقطتين (ع) و (عَ) ووضعنا عليها الارقام المتناقصة (١٢ و ١١ و ١٠ و ٩ ... وهكذا) نعلم ماهى نقط الساعات وخطوطها التى توجد على بسيطتنا المطلوبة ولاجل تعيين الخطوط المذكورة نرسم قوس دائرة عظمى من كل نقطة ساعة موجودة على أحد المدارين ومن نقطة تلك الساعة نفسها الموجودة على المدار الآخر فتحدث خطوط الساعات (١٢ و ١١ و ١٠ و ٩ و ٨ و .... وهكذا) وبتقسيم المحيطين المذكورين الى ثمانية وأربعين قسما أوالى ستة وتسعين أقساما متساوية تحدث خطوط أنصاف الساعات وارباعها

اذا علمت جميع ذلك فلنأخذ قطعة كرة معدنية مفرّغة فى قالب أومنحوتة فى حجر كما ترى فى الشكل ونرسم داخلها خط الزوال أى قوس نصف النهار (هـ ن) ثم مدّة ليل مدار السرطان وهو المنحنى المظلم لمدار الجدى أى (عَ حَ بَ) ثم نصف محيط خط الاستواء (ص ر د) ثم مدّة ليل مدار الجدى وهو المنحنى المظلم لمدار السرطان أى (ع ح ب) ثم نرسم أقواس الدوائر العظمى التى هى خطوط الساعات ونضع عليها الارقام المناسبة لكل منها فيتم رسم البسيطة المطلوبة وأما اللوحة المثقوبة فيلزم وضعها فى المركز (م) بحيث يمكن تدويرها بسهولة فى الجهات الاربع على حسب أوضاع الشمس ولاجل ذلك تحكم على قضيب أفقى أحد طرفيه فى (هـ) والطرف الآخر على قضيب ثان أفقى أيضا (س ع) كما ترى فى الشكل

ولا بد قبل استعمالها من مراعاة ثلاثة أمور (الاول) أن سطح الكرة الاعلى يكون عند قطعها أفقيا بالضبط (والثانى) ان قوس الزوال (هـ ب) وثقب اللوحة التى فى المركز يكونان فى سطح نصف نهار المحلّ بالضبط (والثالث) ان يوضع تحتها أساس متين لحفظها فى هذا الموضع

(فى رسم البسيطة داخل سطح نصف اسطوانة)

(١١٧) كما أنه يمكن رسم بسيطة غروبية داخل قطعة كروية كذلك يمكن رسمها داخل نصف اسطوانة محورها مواز للافق وموجود فى السطح الرأسى المحتوى على خط الشمال والجنوب وللوصول الى ذلك لابدّ من استعمال بعض قواعد الهندسة الوصفية والبسيطة التى تحدث من ذلك تكون كالمبينة فى الشكل (٥٨) ولكن محونا فى هذا الشكل خطوطا كثيرة ولم نبق الا النتيجة المطلوبة . ولبيان ذلك بالتفصيل نقول

لنفرض اسطوانة موضوعة بحيث ان محورها يكون موازيا للافق وموجودا فى السطح الرأسى المحتوى على خط الشمال والجنوب كما ذكر ولترسم من هذا المحور سطحا مستويا موازيا للافق فيقطع الاسطوانة على التساوى ولنصرف النظر عن القسم الذى فوق هذا السطح ونعتبر القسم الذى تحته ونسقطه على السطح الافقى (ب ك) وعلى السطح الرأسى (بَ كَ) فليكن (مَ) المسقط الافقى للوحة المثقوبة المفروضة على محور الاسطوانة و (مً) مسقطها الرأسى

ولنجعل نقطة (م) مركزا لكرة مثل (لَ هـَ لَ) نصف قطرها يعادل نصف قطر الاسطوانة ثم نرسم خط (ط طَ) بحيث يصنع مع الافق زاوية مساوية لعرض البلد فيكون هذا الخط عبارة عن خط الاستواء وليكن (ل لَ) (هـ هـَ) المدارين و (ل هـَ) (لَ هـ) خطى شعاعهما ولنبحث عن نقط الساعات التى على قسمى (ب هـ) و (ل ح) من المدارين وعلى (ط م) من خط الاستواء غير أننا نلاحظ من الآن أن النقط التى على (ح لَ) توجد بالعكس على (ب هـ) وكذلك النقط التى على (ب هـَ) توجد بالعكس على (ح ل) وحينئذ اذا دوّرنا كلا من المدارين وخط الاستواء حول الخطوط (ل لَ) و(ط طَ) و(هـ هـَ) حتى تنطبق على السطح الرأسى وعينا على محيط كل منها النقط التى تقابله ثم دوّرناها الى مواضعها الاصلية نجد النقط (١٢ و ١١ و ١٠ و ٩ و .... وهكذا) على الخطوط (هـ ب) و (ط م)

و (ل ح) كما ترى فى الشكل وحيث اننا قد عينا المساقط الرأسية لهذه النقط يمكننا بواسطتها تعيين مساقطها الافقية أيضا وذلك بان يقال

حيث ان جميع هذه النقط توجد على سطح الكرة المفروضة فاذا أردنا المسقط الافقى لاحداها كالنقطة (ر) الدالة على الساعة (١١) نرسم منها سطحا عموديا على سطحى المساقط وليكن (عً ص) وهو يلاقى الكرة السابق ذكرها على دائرة مارة بنصف القطر (ع عَ) وحيث ان نقطة (ر) موجودة على محيط هذه الدائرة فاذا دورناها حول قطرها (ص عَ) الى أن تصير موازية لسطح المساقط الرأسية يكون مسقطها الرأسى عبارة عن الدائرة (ص رَ عَ) التى نرسمها من المركز (ع) بنصف قطر يساوى (ع عَ) وكذلك لو دورنا نقطة (ر) على سطح أفقى لكانت تنتقل الى نقطة (رَ) ويكون مسقطها حينئذ فى (رً) وبارجاعها الى محلها الاصلى برسم ربع دائرة من (عً) نجد نقطة (رًّ) التى هى المسقط الافقى المطلوب للنقطة (ر) وبالاختصار يلزم تعيين المساقط الافقية لجميع نقط الساعات التى على الخطوط (ح ل) و (ط م) و (هـ ب) بالطريقة المتقدمة أى بواسطة مساقطها الرأسية وبعد ذلك يتم رسم البسيطة باحدى الطريقتين الآتيتين

(الطريقة الاولى)

نفرض كرة داخل نصف الاسطوانة التى نريد رسم البسيطة الغروبية فيها ثم نتصور سطوح ساعات تلك الكرة ونبحث عن الفصول المشتركة بينها وبين سطح الاسطوانة فهذه الفصول المشتركة تكون عبارة عن خطوط ساعات البسيطة المطلوبة وحيث ان كل سطح من تلك السطوح هو دائرة عظمى مارة بمركز الكرة وبنقطتين دالتين على ساعة واحدة كل منهما على مدار من المدارين فتى علمنا المساقط الافقية والرأسية لهذه النقط الثلاث يمكننا بالطرق المبينة فى الهندسة الوصفية أن نعين ذلك السطح ونعين بعده خط تقاطعه مع سطح الاسطوانة فيكون هذا الخط أحد خطوط الساعات وبنفس هذه الطريقة نتوصل الى ايجاد الخطوط الباقية

وكيفية تعيين الفصول المشتركة بين سطوح الساعات وبين نصف الاسطوانة كما هو مذكور فى الهندسة الوصفية أن تقطع تلك السطوح ونصف الاسطوانة المذكورة بسطوح مستوية افقية فاذا اعتبرنا أحد هذه السطوح وأردنا تعيين الفاصل المشترك بينه وبين نصف الاسطوانة يلزم (أولا) رسم سطح مستو مواز للافق (وثانيا) تعيين

المسقط

المسقط الافقى لخط تقاطع هذا السطح بسطح الاسطوانة ومسقط تقاطعه بسطح الساعة المفروض فهذان المسقطان يتقاطعان فى نقطة تكون احدى النقط التى يمر بها مسقط الفصل المشترك المطلوب أى خط الساعة المفروضة

وبهذه الطريقة يمكن تعيين أربع نقط أو خمس لكل خط من خطوط ساعات بسيطتنا فبضم بعضها الى بعض بخط منحن توجد الخطوط المطلوبة كلها ولكن يلزم ملاحظة أمر وهو أن الفصل المشترك بين كل سطح وبين نصف الاسطوانة هو نصف قطع ناقص ونحن فى رسم البسيطة لانحتاج الا لجزء منه فقط فلسهولة العمل لاينبغى رسم الجزء الذى لاينتفع به وأما الجزء المحتاج اليه فهو المحصور بين المستقيمين الواصلى المسقط الافقى لمركز الكرة بالمسقطين الافقيين لنقطتى المدارين الدالتين على الساعة المبحوث عن خطها

مثال ذلك اذا أردنا تحديد الخط المنحنى المبين للساعة (١١) نبحث عن المسقطين الافقيين (ىَ) و (سً) لنقطتى المدارين (ى) و (س) الدالتين على تلك الساعة ونصلهما الى مسقط المركز (مَ) بخطين مستقيمين فيتلاقيان بمنحنى الساعة (١١) ويحددان عليه الجزء اللازم ابقاؤه على سطح البسيطة ويحددان أيضا طرفى الخط المذكور وهو نقطتان من نقط المنحنيين المظلين للمدارين فيمكن رسمهما أيضا بهذه الطريقة

فبعد رسم خطوط الساعات كلها بهذه الكيفية ورسم المنحنيين المظلين يتم رسم البسيطة المطلوبة

(الطريقة الثانية)

انه وان أمكن رسم البسيطة بالطريقة المتقدم ذكرها الا أن امرار سطوح الساعات من ثلاث نقط وتعيين الفصل المشترك بين كل منها وبين الاسطوانة بالانفراد من الامور العسرة لاسيما على سطح محدود ولذلك رأينا ضرورة ذكر طريقة اخرى تكون متممة للاولى ولبيانها نقول

لرسم خطوط الساعات فى داخل نصف الاسطوانة (ف ك) (شكل ٥٨) يلزم أن نبحث عن تعيين عدة نقط لكل منها ولاجل ذلك نلاحظ اننا اذا عينا نقط الساعات على كل من المدارين وخط الاستواء المرسومة على السطح الرأسى ووصلنا جميعها الى مركز الكرة (م) بخطوط شعاعية ومددناها الى أن تلاقى نصف الاسطوانة وعينا المساقط

الافقية لنقط التلاقى تكون هذه المساقط عبارة عن النقط التى تمر بها خطوط الساعات ولنبحث اذن عن تعيين المساقط المذكورة فنقول ان الخطوط الشعاعية السابق ذكرها تشكل المخروطين (هَ هـ م) و (لَ ل م) بحيث ان جزأيهما (ب هـ م) و (ح ل م) يوجدان داخل نصف الاسطوانة فاذا عينا الفصلين المشتركين بين هذين الجزأين وبين سطح نصف الاسطوانة المذكورة نكون قد رسمنا المنحنيين المطلبين

ولما كانت كيفية تعيين الفصل المشترك بين مخروط واسطوانة بقواعد الهندسة الوصفية تتعلق بوضع كل من هذين الشكلين فسنجرى العمل على حسب المواضع الظاهرة فى الشكل (٥٨) بالكيفية الآتية

وذلك ان نعين نقطة تلاقى سطح الاسطوانة بكل مولد من مولدات المخروطين أى بكل خط من الخطوط الشعاعية فبهذه الطريقة توجد جميع المساقط الرأسية والافقية للخطوط المذكورة فلنبحث عن نقطة تلاقى نصف الاسطوانة بخط شعاع الساعة (١١) مثلا الذى هو عبارة عن المولد (م ر) للمخروط (هَ هـ م) بان نرسم من الخط المذكور سطح مسقطه الرأسى وليكن (م ر) أثره الرأسى فيقطع سطح الاسطوانة على خط توجد عليه بالضرورة النقطة المطلوبة

ولاجل رسم خط تقاطع هذا السطح بالاسطوانة نفرض مرور سطح افقى بحيث انه يقطعهما الاثنين فنعين المسقط الافقى لخط تقاطعه بالاسطوانة الذى هو عبارة عن أحد مولداتها ونأخذ بعد ذلك نقطة تقاطع الاثر الرأسى للسطح القاطع والاثر الرأسى (م ر) للسطح المسقطى المذكور ونرسم منها عمودا على المولد الذى صار تعيينه فيكون موقع هذا العمود عبارة عن نقطة من نقط الفصل المشترك بين الاسطوانة والسطح الرأسى المار ذكره واذا كررنا العمل بهذه الصورة على عدة سطوح افقية قاطعة تحصل على جملة نقط وبضم بعضها الى بعض ينتج منحنى هو عبارة عن جزء من الفصل المشترك بين الاسطوانة والسطح المسقطى المتقدم ذكره . وأما النقطة المبحوث عنها وهى المسقط الافقى لنقطة تلاقى الاسطوانة بالخط (م ر) فتوجد على هذا المنحنى كما قلنا وعلى خط (م رً) فبمد هذا الخط على استقامته حتى يلاقى المنحنى المذكور نجد نقطة تلاقيهما (١١) هى النقطة المطلوبة

ويلزم بعد تعيين نقط الساعات فى داخل الاسطوانة (ن ك) بالكيفية المتقدمة ضم

جميع

جميع النقط المقابلة للمدارين بخطين منحنيين فيحدث المنحنيان المطلمان لكل من مدار السرطان ومدار الجدى أعنى الفصلين المشتركين بين الاسطوانة والمخروطين السابق ذكرهما ثم توصل كل نقطة ساعة من نقط أحد المدارين بنقطة تلك الساعة من نقط المدار الآخر فتحدث خطوط الساعات ولكن حيث ان هذه الخطوط كلها قطوع ناقصة فالاوفق ان تعين نقطة ثالثة من نقطها ويمكن ايجاد هذه النقطة عند البحث عن الفصل المشترك بين سطح الاستواء وبين نصف الاسطوانة فانها توجد على معدل نهار البسيطة الذى هو عبارة عن الفصل المشترك المذكور فلنبحث اذن عن النقط التى على خط تقاطع الاسطوانة بالجزء (ف م) من خط الاستواء فنقول

حيث ان سطح الاستواء عمودى على سطح المساقط الرأسية يمكن اعتباره سطحا من السطوح المسقطية وبناء عليه يمكن بالطريقة التى تقدمت ايجاد الفصل المشترك بينه وبين الاسطوانة أى (مً دَ مً) وهو معدل النهار أيضا ثم نرسم خطوطا مستقيمة من نقطة (مَ) ومن المساقط الافقية للنقط التى على الخط (ط م) ونمدها الى ان تلاقى معدل النهار المذكور فكل نقطة من نقط التلاقى تكون حينئذ نقطة ثالثة لخط من خطوط الساعات أى من القطوع الناقصة

وبناء على ماذكر اذا رسمنا أقواس قطوع ناقصة من النقط الدالة على ساعة واحدة الموجودة على كل من المنحنيين المطلمين وعلى معدل النهار نكون قد رسمنا خطوط ساعات البسيطة المطلوبة

وليعلم أنه اذا أريد رسم الاقواس المذكورة بزيادة الضبط يمكن تعيين نقط أخرى لكل واحد منها مابين كل من المدارين وبين خط الاستواء وذلك بتعيين بعض دوائر يومية للشمس واجراء العمل عليها كما أجريناه على المدارين

(فى نقل البسيطة من الرسم الى داخل سطح الاسطوانة)

(١١٨) مهما كانت الطريقة المستعملة من هاتين الطريقتين لانشاء البسيطة فان ذلك لايكون الا عبارة عن رسم البسيطة على الورقة فقط ولا بد بعد ذلك من نقل الرسم الى داخل الاسطوانة بقواعد الانكشاف المعلومة فى الهندسة الوصفية وهى ان يرسم على ورقة هيئة انكشاف الشكل المرسوم داخل الاسطوانة (ن ك) وتوضع تلك الورقة فى داخل اسطوانة من حجم الرسم المذكور ثم ينقل الرسم من الورقة على سطح الاسطوانة وتوضع بعد ذلك اللوحة المثقوبة فى محلها (م) على قضيب مرتكن من

طرفيه على قضيبين آخرين موضوعين على حرفى نصف الاسطوانة وضعا أفقيا كما ترى فى الشمس فبهذه الكيفية يمكن تدوير اللوحة فى أى جهة من جهاتها الاربع على حسب مواقع الشمس

هذا وقبل استعمال هذه البسيطة لابد من مراعاة أمور ثلاثة (أولها) ان حرفى نصف الاسطوانة يكونان فى سطح أفقى بالضبط (وثانيها) ان نصف نهار البسيطة ومحور الاسطوانة ومركز ثقب اللوحة توجد جميعها فى سطح نصف نهار المحل (وثالثها) أن يوضع أساس متين تحت الاسطوانة لحفظها فى هذا الموضع

الفصل السادس

(فى بيان بسيطة اليد)

(١١٩) كما أنه يمكن رسم بسيطة الساعات الغروبية على سطح ثابت يمكن رسمها أيضا على سطح غير ثابت يمكن بمجرد تعريضه للشمس معرفة الساعات وأوقات الصلاة وتسمى حينئذ ببسيطة اليد

والنظريات والعمليات اللازم مراعاتها فى رسم هذه البسيطة هى مثل التى تقدم ذكرها فى الفصل الخامس من القسم الاول عند الكلام على بسيطة اليد الزوالية ماعدا بعض ايضاحات خصوصية نذكرها هنا وهى ان خطوط الساعات الغروبية التى تصورها على الكرة السماوية ليست مقسومة شرقا وغربا الى أقسام متساوية بدائرة نصف نهار المحل كما هو حاصل لخطوط الساعات الزوالية وقد بينا ذلك فى المادة (٩٩) والشكل (٤٩) وحينئذ فلا يمكن رسم خطوط لساعات اليوم الواحد على وجه واحد من سطح البسيطة كما فعلنا ذلك للبسيطة الزوالية بل لابد من جعل خطوط ساعات ماقبل الزوال على وجه وخطوط ساعات مابعد الزوال على الوجه الآخر وسترى فى الشكل (٥٩) و (٦٢) ان الخطوط الاول هى أقواس دوائر تامة والخطوط الاخر أقواس منحنيات ليست بدوائر تامة

(فى رسم مساقط الدوائر اليومية أى المنحنيات المظلة وخط الزوال)

(١٢٠) ليكن (س ب ح) (شكل ٥٩) أحد وجهى السطح المطلوب رسم البسيطة عليه وهو قطعة لوحة مثلا و (ىَ بَ سَ) الوجه الآخر ولنرسم على الوجه الاول خطوط ساعات مابعد الزوال وعلى الوجه الثانى خطوط ساعات ماقبل الزوال فنأخذ على

الوجهين نقطتين متقابلتين مثل (ب و بَ) ونجعل كلامنهما مركزا للبسيطة التى من جهته ثم نرسم المستقيمين (ب س) و (بَ سَ) ونفرض كلا منهما الافق ثم نرسم عليهما العمودين (ب ح) و (بَ حَ) فيكونان خطين رأسيين والخط (بَ ءَ)يسمى خط الشروق لان الشمس حين تشرق تكون على الخط الافقى المار بنقطة (بَ) والخط (ب ح) يسمى خط الغروب لانها حين تغرب تكون على الخط الافقى المار بنقطة (ب)

فلنبحث الآن عن كيفية رسم مساقط الدوائر اليومية على كل من وجهى اللوحة المفروضة فبمقتضى ماذكر فى المادة (٨٢) فيما يتعلق ببسيطة اليد الزوالية نعين أعظم ارتفاعات الشمس وأصغرها وأوسطها فى السنة بالنسبة لعرض المحل المراد استعمال البسيطة فيه وبعبارة أخرى نأخذ غاية ارتفاع كل من مدار السرطان (المساوى لتمام العرض + ميل الشمس الكلى) ومدار الجدى (المساوى لتمام العرض ــ ميل الشمس الكلى) وخط الاستواء (المساوى لتمام العرض) ونرسم من نقطتى (ب و بَ) خطوطا صانعة مع (ب ح) و(بَ ءَ) زوايا مساوية لهذه المقادير فتحدث الخطوط (ب هـ) (ب ل) (ب ك) و (بَ هـَ) (بَ لَ)(بَ كَ) ثم من نقطة (ب)وبنصف قطر مثل (ب ء) مناسب للعظم المراد اعطاؤه للبسيطة نرسم قوس دائرة حتى يقطع خط (ب هـ)وليكن(ء هـ) هذا القوس فهو عبارة عن مسقط نصف مدة نهار مدار السرطان وبنفس هذه الطريقة تحصل على مسقط نصف مدة نهار خط الاستواء وهو القوس (ى ك) ثم نأخذ (ى ح = ء ى) ونرسم من (ب) القوس (ح ل) فيكون عبارة عن مسقط نصف مدة نهار مدار الجدى و بنفس هذه الطريقة أيضا نجد على الوجه الثانى من البسيطة الاقواس الثلاثة (حَ لَ) (ىَ ك) (ءَ هـَ) فالاول يدل على مسقط نصف مدة نهار مدار الجدى والثانى على مسقط نصف مدة نهار خط الاستواء والثالث على مسقط نصف مدة نهار مدار السرطان هذا وقد رسمنا فى احدى البسيطتين مدار السرطان قريبا من المركز وفى الاخرى بعيدا عنه وذلك لتبيين انه لافرق بين هذين الموضعين

وفى هذه الحالة تكون النقط (هـ و ك و ل و هـَ و كَ و لَ) المرسومة على وجهى الشكل هى نقط غاية الارتفاع أى مساقط ثلاث نقط كائنة على خط نصف النهار وعلى ذلك اذا رسمنا من ثلاث نقط معلومة قوس دائرة نجد القوسين (هـ ك ل) و (هـَ كَ

لَ) ويكون احدهما خط زوال البسيطة لساعات مابعد الزوال والآخر خط زوالها لساعات ماقبل الزوال

وحيث ان خطوط الساعات لماقبل الزوال هى أقواس دوائر فاذاعينا نقطة على كل من الخطوط (هـَ سَ) (كَ ىَ) (لَ حَ) التى هى مساقط نصف مدة نهار كل من مدار السرطان ومدار الجدى وخط الاستواء تحدث ثلاث نقط اذا رسمنا منها قوس دائرة يحدث خط ساعة من ساعات ماقبل الزوال وبتعيين نقط اخرى نرسم خطوطا اخرى من خطوط الساعات المذكورة وأما خطوط ساعات مابعد الزوال فمن حيث انها أقواس منحنيات كيفما اتفق فلا يمكن رسمها بواسطة ثلاث نقط كما ذكر بل يلزم تعيين مساقط جملة محركات يومية للشمس خلاف مساقط المدارين وخط الاستواء

فلنفرض الحركات اليومية المقابلة للدرجات المرقومة بمحاذاة البروج الآتى ذكرها وهى

درجه		درجه	
٣٠	الجوزاء	١٥	الميزان
٣٠	السرطان	٣٠	
١٥	الاسد	١٥	العقرب
٣٠		٣٠	
١٧	السنبله	٣٠	القوس
٣٠			

ولنرسم مساقطها على وجه البسيطة المختص بساعات ما بعد الزوال فيحدث أحد عشر مسقطا اذا أخذنا على كل منها نقطة واحدة تتعين خطوط الساعات المطلوبة بوجه التقريب وحيث اننا فيما سبق رسمنا مساقط المدارين وخط الاستواء فلنرسم مساقط المدارات الثمانية الاخر نبحث عن أعظم ارتفاعها فنلاحظ انها فى البروج الشمالية تساوى عرض البلد مضافااليه ميل الشمس حين وصولها الى تلك الدرجات وفى البروج الجنوبية تساوى عرض البلد مطروحا منه الميل المذكور ولتكن (ع ب د) و(عَ ب د) و(عً ب د) ... وهكذا هى هذه الارتفاعات فاذا رسمنا هذه الزوايا على خط (ب د) وعينا النقط (ع , عَ و عً , ... وهكذا) التى هى نقط تلاقى اضلاع تلك الزوايا بالقوس (هـ ك ل) ثم وصلنا من هذه النقط الى نقطة (ب) وجعلنا هذه النقطة مركزا ورسمنا أقواس دوائر بانصاف أقطار مساوية للابعاد (ب ع)

و(ب

و(ب ع َ)و(ب ع ً) و . . . وهكذا ومددناها الى أن تلاقى خط الغروب (ب ح)
تكون هذه الاقواس مساقط المدارات اليومية فبأخذ نقطة على كل منها واستعمال
الطريقة الآتى ذكرها لتعيين خطوط الساعات تتعين هذه الخطوط بوجه يقرب جدا
من الصحة

(فى رسم خطوط الساعات)

(١٢١) اذا اريد رسم خطوط الساعات من ربع ساعة الى ربع ساعة يكفى كما يعلم
مما ذكر فى مادتى (٨٢) و (٨٦) فيما يتعلق ببسيطة اليد الزوالية معرفة ارتفاع الشمس
حين وصولها الى نقط تلاقى خطوط ارباع الساعات الغروبية للمدارات اليومية التى
عينت فى المادة السابقة مثال ذلك اذا فرضنا أن خط ساعة غروبية يلاقى مدار
السرطان (م مَ) شكل (٣٩) فى نقطة (ب) فارتفاع الشمس بالنسبة لهذه النقطة
يكون(ب ح) ولاستخراجه نلاحظ كما سبق فى بسيطة اليد الزوالية أنه يعلم من المثلث
الكروى (ب ں ى) (شكل ٣٩) الضلع (ب ں) المساوى لتمام ميل الشمس والضلع
(ں ر) المساوى لتمام عرض البلد والزاوية (ر ں ب) المساوية لفضل الدائر أى
للزاوية الساعية فيمكن حينئذ استخراج الارتفاع المذكور (ب ح) . وهنالك أمر مهم
يلزم الالتفات اليه وهو ان مبدأ الساعات الغروبية ليس هو دائرة نصف النهار فالزاوية
(ب ں ر) المذكورة لاتعين حينئذ على جانبى تلك الدائرة أقواس ارباع الساعات
كما هو شأنها فى الساعات الزوالية اذ مبدأ الساعات الزوالية هو خط نصف النهار
فخطوط ساعاتها تكون اذن على أوضاع متناظرة بالنسبة لهذا الخط وتصنع معه زوايا
يمكن استخراج مقدار كل واحدة منها بتحويل الساعة المبينة بالخط الصانع تلك الزاوية
الى مقدار قوسى هذا بخلاف الساعات الغروبية فان مبدأها هو الافق الغربى
وليست خطوط ساعاتها على أوضاع متناظرة بالنسبة الى دائرة نصف النهار ولذلك
لا يمكن تعيين الزاوية (ر ں ب) بالوجه المشروح بل تعين بالطريقة الآتى ذكرها
وهى

أن يبحث أولا عن أقواس مدارات الشمس اليومية التى فوق افق المحل الذى يراد
استعمال البسيطة فيه أى عن مدد النهار فى ذلك المحل وثانيا تنصف تلك الاقواس
وثالثا تعين أوقات شروق الشمس فى المحل المذكور ولذلك طريقتان

(الاولى) — ان نأخذ قانون المثلثات الكروية (شكل ٦٠)

مماس (س ﻫ) = مماس (م) جيب (ﻫ م)

الذى منه

جيب ﻫ م = مماس (س ﻫ) أى ميل الشمس / مماس (م) اى تمام عرض البلد

فنحسب القوس (ﻫ م) أى نصف الفضلة ثم نضيف اليه تسعين درجة من جهة الشمال أو نطرحه من تسعين درجة من جهة الجنوب فنجد نصف قوس النهار وبتضعيفه يعلم قوس النهار

(والثانية) ان نفرض (ح حَ) (شكل ٦١) مدار الشمس اليومى وبناء على ماذكر فى المادة (١٥٠) من القسم الثانى ندوّره حول قطره حتى يأخذ الوضع (ح ىَ حَ ىً) ثم نرسم من نقطة (ى) الخط (ىَ ىً) موازيا لمحور العالم فهذا الخط يقسم المدار اليومى المفروض الى قسمين قوس النهار وقوس الليل والاول هو (ىَ حَ ىً) ونصفه يكون (ىَ حَ) فاذا تعين مقدار هذا النصف بواسطة المنقلة وتحوّل الى كمية زمانية تعلم مدة النهار ونصفها ثم بطرح مدة النهار من أربع وعشرين يكون الباقى مدة الليل ويكون آخر هذه المدة وقت الشروق وبأخذ نصف مدة الليل يعلم وقت زوال ذلك اليوم

فاذا اريد استعمال الطريقة الاولى من هاتين الطريقتين لتعين مدة النهار فى يوم وجود الشمس على الدرجة (٣٠) من برج الجوزاء مثلا يلاحظ ان ميل الشمس فى ذلك اليوم يكون كليا أعنى مساويا لثلاث وعشرين درجة وسبع وعشرين دقيقة وثلاثين ثانية واذا فرضنا ان المحل الذى يراد عمل البسيطة فيه هو دار السعادة التى تمام عرضها يساوى ٤٩° تأخذ العملية الصورة الآتية

لوغا مماس ٣٠ً ٢٧َ ٢٣° = ٩,٦٣٧٤٣٧٦

والتمام العددى للوغا مماس ٤٩° = ٩,٩٣٩١٦٣١

لوغا جيب نصف الفضلة = ٩,٥٧٦٦٠٠٧

ومن ذلك

ﻫ م = نصف الفضلة = ٤٥ً ٩َ ٢٢°

وباضافة م بَ = ٠٠ ٠٠ ٩٠°

يحدث نصف قوس النهار = ٤٥ً ٩َ ١١٢°

وبتحويل

وبتحويل ذلك الى كمية زمانية نجد

	ث	د	س
نصف مدة النهار =	٣٩	٣٨	٧
مدة النهار =	١٨	٥٧	١٤

و بطرح ذلك من ٢٤ نجد

	ث	د	س	
مدة الليل =	٤٢	٢	٩	وقت الشروق

وبالتنصيف نجد

	ث	د	س
وقت الزوال =	٢١	٣١	٤

فبعد ايجاد هذه المقادير بالطريقة المذكورة يلزم تعيين ارتفاعات الشمس حين وصولها الى نقط تلاقى مداراتها فى اليوم المفروض بخطوط الساعات الغروبية ولاجل ذلك يلزم انشاء جدول مثل الجدول نمرة(٥)الذى فى آخر الكتاب يحتوى على خانات ثلاث منها مختصة بما بعد الزوال والثلاث الاخر بما قبل الزوال ففى أول خانة يوضع الرقم ١٢ ساعه الدال على وقت الغروب وهو وقت وجود الشمس على الافق ثم يطرح منه ١٥ دقيقة أى ربع ساعة ويكتب الباقى ٤٥ دقيقه ١١ ساعه تحته ويطرح ربع ساعة من هذا العدد ويكتب الباقى ٣٠ دقيقه ١١ ساعه تحته وهكذا يطرح من كل عدد ربع ساعة الى أن يوجد وقت أول نقطة لما بعد الزوال وهو ٤ ساعات و ٤٥ دقيقة فيكتب فى آخر الخانة لانا علمنا من الحساب الذى تقدم ان وقت الزوال هو ٢١ ثانيه ٣١ دقيقه ٤ ساعه فنقطة الساعة ٤ و ٤٥ دقيقة تكون حينئذ لما بعد الزوال ونقطة الساعة ٤ و ٣٠ دقيقة تكون ضرورة لما قبل الزوال أعنى ان هاتين النقطتين هما أقرب نقط الساعات من نصف النهار أى ان دائرة نصف النهار توجد مابين النقطتين المذكورتين ومن ذلك يعلم لزوم وضع الرقم ٤٥ دقيقه ٤ ساعه فى خانة ساعات مابعد الزوال ولزوم وضع الرقم ٣٠ دقيقه ٤ ساعه حينئذ فى أول خانة ساعات ماقبل الزوال فبتنقيصه ربع ساعه نجد العدد ١٥ دقيقه ٤ ساعات فنكتبه تحته ثم ننقص هذا العدد ربع ساعة أيضا وهكذا كما عملنا فى الخانة الاولى حتى نصل الى وقت شروق الشمس الذى علمناه بالحساب فندرجه فى آخر الخانة هذا مايختص بالساعات

وأما زوايا الساعات فلتعيينها نلاحظ أنه حين تغرب الشمس فى الساعة (١٢) يكون

فضل الدائر أعنى الزاوية القطبية المحصورة بين السطح السويعى المار بنقطة الغروب وسطح نصف النهار مساويا لنصف قوس النهار الذى تقدم تعيينه بالحساب فبصرف النظر عن عدد الثوانى الذى فيه يكون فضل الدائر المقابل لنقطة الساعة (١٢) هو ٩َ ١١٢° فنضع هذا العدد فى الخانة الثانية المعنونة بزوايا الساعات تجاه عدد الساعة (١٢) ثم لايجاد زاوية الساعة ١١ و٤٥ دقيقة نحوّل ربع الساعة أى ١٥ دقيقة الى كمية قوسية فنجد ٤٥َ ٣° نطرحها من ٩َ ١١٢° فيبقى ٦٤َ ١٠٨° ويكون هو زاوية الساعة ١١ و٤٥ دقيقة فنكتبه فى الخانة المذكورة حذاء هذا العدد وباجراء هذه العملية على هذا العدد وما يحدث بعده نحصل على جميع زوايا الساعات المرقومة فى الخانة الاولى ونجد أن زاوية الساعة ٤ و٤٥ دقيقة أى زاوية أقرب نقطة بعد الزوال من سطح نصف النهار هى ٢٤َ ٣° وحيث ان هذا العدد أصغر من قيمة قوس ربع الساعة وهو ٤٥َ ٣° ينتج من ذلك ان الفرق ٢١َ بين هذين العددين هو عبارة عن فضل الدائر لاول نقطة قبل الزوال المقابلة للساعة ٤ و ٣٠ دقيقة أى زاوية هذه الساعة المساوية للزاوية (ى ن ب) شكل (٣٩) التى بين سطح نصف النهار والسطح المار بالقطب وبالنقطة المذكورة وبناء على ذلك يلزم كتابة الرقم ٢١ دقيقة فى الخانة الثانية من خانات ماقبل الزوال بحذاء الرقم ٤ ساعات و ٣٠ دقيقه وباضافة ٣ درجات و ٤٥ دقيقه الى ٢١ دقيقه نجد ٦َ ٤° وهى زاوية الساعة ١٥ دقيقه ٤ ساعات فنكتبها تحت الرقم الاول ثم باضافة ٤٥َ ٣° الى ٦َ ٤° نجد زاوية الساعة ٤ وهلم جرا الى أن نصل الى زاوية ساعة وقت شروق الشمس أى الزاوية ٩َ ١١٢°

فبواسطة زوايا ساعات مابعد الزوال وما قبله المدرجة فى هذا الجدول يمكن استخراج ارتفاع الشمس (ب ح) (شكل ٣٩) وذلك بان نلاحظ اننا نعلم من المثلث الكروى (ب ن م) الزاوية القطبية (ن) لانها تساوى احدى زوايا الساعات المذكورة ثم ضلعيها (ن ب) و(ن م) وينتج لنا بملاحظة ماتقدم فى المادة (٨٢)

مماس (ن ى) = مماس (تمام العرض) × تمام جيب (زاوية الساعة) .... (١)

فلنقط الساعات الشمالية يكون

ب ى = ٩٠ — ميل الشمس ∓ ن ى .... (٢)

تؤخذ العلامة + اذا كانت زوايا الساعات أكبر من ٩٠° وتؤخذ العلامة — اذا كانت الزاوية أقل من ٩٠° ولنقط الساعات الجنوبية يكون

ب د = ٩٠ + ميل الشمس — ن د ..... (٢)

جيب (ارتفاع الشمس) = تمام جيب (ب د) (تمام جيب (تمام العرض)) / (تمام جيب (ن د)) ..... (٣)

فبواسطة هذه القوانين يمكن استخراج ارتفاع الشمس لكل نقطة

مثال ذلك ليكن عرض البلد (٤١°) ولنفرض الشمس على درجة ٣٠ من برج الجوزاء في يوم ٩ حزيران فلنا ميل الشمس = ٣٠″ ٢٧′ ٢٣° ونصف قوس النهار = ٩′ ١١٢°

ثم تمام ميل الشمس = ٣٠″ ٣٢′ ٦٦° وغاية ارتفاع الشمس = ٣٠″ ٢٧′ ٧٣°

واذا اريد تعيين نقطة الساعة (١١) بعد الزوال نبحث في الجدول (٥) عن قيمة زاوية هذه الساعة فنجد في الخانة الثانيـة انها خامس عدد وهو يساوى ٩′ ٩٧° ولنا اذن

(١)
لوغا مماس (٤٩°) = ٠,٠٦٠٩٦٣٨
لوغا تمام جيب (٩′ ٩٧°) = ٩,٠٩٥٠٠٥٦ [لان تمام جيب الزاوية يساوى ناقص تمام جيب متممها]
لوغا مماس (ن د) = ٩,١٠٥٥٨٩٢٥
ومنه ن د = ٥٤″ ٨′ ٨°

(٢)
٩٠°
ميل الشمس = ٣٠″ ٢٧′ ٢٣
٩٠ — ميل الشمس = ٣٠ ٣٢ ٦٦
ن د = ٥٤ ٨ ٨+
ب د = ٢٤ ٤١ ٧٤

(٣)
لوغا تمام جيب (ب د) = ٩,٤٢١٦٧٢٠
لوغا تمام جيب (٤٩) = ٩,٨١٦٩٤٢٩
التمام العددى للوغا تمام جيب (ن د) = ٠,٠٠٤٤٠٦٧
لوغا جيب (ارتفاع الشمس) = ٩,٢٤٣٠٢١٦
فيكون ارتفاع الشمس = ٤٢″ ٤′ ١٠°

ويظهر من ذلك أنه في يوم تسعة حزيران عند ماتكون الشمس على ارتفاع عشر درجات وأربع دقائق واثنتين وأربعين ثانية تكون حينئذ على نقطة الساعة (١١) بالضبط

ومن المعلوم انه وقتما تكون الساعة (١٢) من المساء تكون الشمس فى الغروب ويكون ارتفاعها صفرا فكذلك ارتفاعها يكون صفرا وقت الشروق وبوضع مقادير زوايا الساعات الاخرى فى القانون المذكور آنفا يمكن تعيين ارتفاعات الشمس حينما تكون على نقط الساعات المذكورة وعلى نقط ارباعها وقد فعلنا ذلك وحررنا الجدول (٥) المتقدم ذكره وقد أجرينا هذه الحسابات أيضا بالنسبة الى مساقط سائر المدارات اليومية التى رسمناها فى المادة السابقة وحررنا الجداول ٦ و ٧ و ٨ و ٩ و ١٠ و ١١ و ١٢ و ١٣ و ١٤ و ١٥ لعرض دار السعادة على نسق الجدول (٥) بجبر أعداد الثوانى أو حذفها

وبعد معرفة ارتفاعات الشمس بالوجه المذكور يلزم رسم خطوط الساعات فى الشكل (٥٩) فاذا أريد رسم خط الساعة (١١) مثلا لما بعد الزوال يبحث عن هذه الساعة فى الجدول نمرة (٥) فيوجد بحذائها فى خانة ارتفاعات الشمس العدد ٥َ ١٠ْ فنرسم الخط (ب م) بحيث يصنع هذه الزاوية مع الخط (ب ح) وتكون نقطة تلاقيه (م) بالقوس (ى هـ) هى نقطة الساعة (١١) لذلك اليوم ثم نبحث فى الجداول الاخرى ٦ و ٧ و ٨ و ... وهكذا عن ارتفاعات الشمس بالنسبة للساعة المفروضة ونرسم من نقطة (ب) خطوطا مستقيمة صانعة مع (ب ح) زوايا مساوية لهذه الارتفاعات ونعين نقط تلاقى كل منها بمسقط المدار اليومى الذى يقابلها فى الجداول ونضم جميع هذه النقط بالمنحنى (م ع) فيكون هو خط الساعة (١١) وكذلك اذا أردنا رسم خط الساعة الثالثة لما قبل الزوال نأخذ الجداول المختصة بآخر الجوزاء وخط الاستواء وقوس آخر مدار يومى ونبحث فيها عن ارتفاعات الشمس المقابلة للساعة (٣) ونرسم الزوايا (ىَ بَ مً) و (ىَ بَ مَ) و (ىَ بَ م) مساوية لها ونعين النقط (مً و مَ و م) ونرسم منها قوس دائرة فيكون هو خط الساعة (٣) المطلوب ثم اذا بحثنا فى سائر الجداول عن ارتفاعات الشمس المقابلة لنقط الساعة (٣) للايام الاخرى ورسمنا مساقط مدارات الشمس فى الايام المفروضة لجميع النقط التى تتعين توجد على نفس خط الساعة (٣) المذكور والحاصل انه متى رسمت خطوط الساعات بالطريقة المتقدمة يتم رسم البسيطة ولا يبقى الا وضع أرقام الساعات بحذاء كل خط الا انه يتعين ملاحظة انه فى جهة البسيطة المختصة بساعات ماقبل الزوال يوجد خط الساعة (٣) فى وسط سائر الخطوط بحيث ان خطوط الساعات التى قبل الساعة

المذكورة

المذكورة لاتلاقى مدار الجدى ويلزم بناء على ذلك لتعيين كل خط من هذه الخطوط استعمال مدار السرطان وخط الاستواء ومدار يومى خلاف مدار الجدى وتعين ثلاث نقط من كل خط ويرسم منها قوس دائرة كما سبق مثل ذلك ويرى بسهولة ان معظم خطوط ساعات مابعد الزوال تنتهى من جانبيها على مدار السرطان ومدار الجدى وأما خطوط ساعات ماقبل الزوال فحيث انها أقواس دوائرفان بعضها ينتهى على المدارين وبعضها ينتهى الى خط الشروق وفى الحالتين جميع خطوط الساعات التى بين الساعة (٤) وثلاثة أرباع والساعة (٧) وربع تكون منتهية الى خط الزوال وحيث ان تعيين هذه الخطوط لايخلو من فائدة فلبيان كيفية رسمها نقول

اذا أريد تعيين نقطة تلاقى خط الزوال بخط الساعة (٥) مثلا نلاحظ ان هذه النقطة تقابل غاية ارتفاع الشمس ليوم مجهول وحيث ان غايات الارتفاعات فى جهة الشمال تعادل (تمام العرض + ميل الشمس) وفى جهة الجنوب تعادل (تمام العرض — ميل الشمس) فلو علمنا ميل الشمس حينما تصل على قبة السماء الى نقطة تلاقى خط الساعة (٥) بدائرة نصف النهار لحصلنا على المطلوب ولمعرفة ذلك نقول اذا نظرنا الى فضل الدائر لتلك النقطة وهو القوس الذى بين نصف نهار المحل والسطح السويعى المار بالنقطة المذكورة نجد انه يساوى نصف قوس مدة نهار ذلك اليوم وهى المدة التى بين خمس ساعات واثنتى عشرة ساعة آى سبع ساعات أو بالتقويس ١٠٥° مثال ذلك ليكن القوس (س حَ) (شكل ٦٠) نصف مدة النهار فحيث انه يقاس على خط الاستواء يكون عبارة عن القوس (بَ د) وهذا مركب من جزأين (م بَ) و(ر م) أما (م بَ) فيساوى ٩٠° فبطرحها من ١٠٥° يبقى ١٥° وهى نصف فضلة اليوم المفروض (ر م) وحيث ان الزاوية (س م ر) تعادل تمام عرض البلد فيمكن استخراج ميل الشمس (س ر) لليوم المجهول من المثلث الكروى القائم الزاوية (س ر م) اذلنامنه

ظماس (س ر) = ظماس (تمام العرض) × جيب (نصف الفضلة)

فيحصل هذه المعادلة نجد ان ميل الشمس يساوى ٤٨ً ٣٤َ ١٦° وحيث ان هذا الميل شمالى يلزم ضمه الى تمام العرض المساوى ٤٩° فيحصل ٤٨ً ٣٤َ ٦٥° وهو الارتفاع على الافق لنقطة تلاقى خط الساعة خمسة بنصف نهار المحل

وحيث ان هــذا الارتفاع هو على نفس دائرة نصف النهار يكون عبارة عن غاية الارتفــاع فاذا رسمنــا خطا يصــنع زاوية مع (ب ى) شكل (٥٩) مساوية لهــذا الارتفاع ومددناه الى ان يلاقى خط الزوال فنقطــة التلاقى تكون نقطــة انتهاء خط الساعة (ه) المطلوبة

وقد اســتعملنا هذه الطريقــة لايجاد ارتفاعات سائر النقط وأدرجناها فى الجدول نمرة (١٦٠) الذى فى ذيل الكتاب

(فى كيفية تعيين البروج والشهور)

(١٢٢) يعــلم مما تقــدم فى مادتى (٨٣) و (٨٧) انه يمكن رسم درجات البروج وتقسيمات الشهور بالطرق الهندسية على حرفى بسيطة اليد فى كل من جهتى ماقبــل بالزوال وما بعــد الزوال ولزيادة الدقة يلزم حساب غايات الارتفاعات من ثلاث درجات الى ثلاث درجات أى من ثلاثة أيام الى ثلاثة أيام وقــد فعلنــا ذلك وحررنا الجدولين نمرة (١٧) ونمرة (١٨) ثم رسمنا فى الشكل (٢٩) بالطرق الهندسية غاية الارتفــاع المقابل لكل من برج الميزان وبرج الحوت وعينا محــلى هــذين البرجين فيمكن بهذه الطريقة رسم البروج الاخرى

(فى رسم خطوط العصر وصلاة العيد وسمت القبلة)

(١٢٣) لرسم هذه الخطوط يمكن استعمال الطرق التى تقدم بيانها فى المواد (٨٨ و ٨٩ و ٩٠ و ٩١) فراجعها ان شئت

(فى كيفية استعمال هذه البسيطة)

(١٢٤) يتعــين رسم بسـيطة اليــد بالطرق المتقدم ذكرها على وجهى قطعــة من خشب جاف قوى وتمحى خطوط العمليات ثم يدهن الخشب بدهان لماع ويقطع على شكل ربع دائرة بابقاء هدفتــين على أعــلاه كما ترى فى الشكل (٥٩) بحيث ان ظل احــداهما يخفى الاخرى ثم يجرى امرار خيط من المركزين (ب و بَ) ويعلق فيــه ثقــل ويوضــع على الخيط المذكور خيط آخر قصــير الطول أبيض اللون يسمى بالمرى

ويرى فى الشكل (٩٢) بسـيطة يد قــد حسبت ورسمت بالنسبة الى عرض دار السعادة فاذا اريد استعمالها فى أى يوم كان يبحث ابتداء عن الدرجة التى تكون عليها

الشمس

الشمس فى اليوم المفروض ولاجل ذلك يستعمل الشكل المرسوم على قوس الربع فانه يبين أيام الاشهر الرومية ويحذائها درجات البروج التى تكون عليها الشمس فى تلك الايام

فمتى علمت درجة الشمس بهذه الطريقة يوجه خط البسيطة الى هذه الدرجة على خط الزوال ويوضع عليها المرى ثم تؤخذ البسيطة باليدين وتمسك رأسيا حتى يستر ظل احدى الهدفتين الهدفة الاخرى ويرصد خط الساعة التى يقع عليها المرى فتعلم ساعة الوقت ولا يذهب على القارى انه اذا أخذ الارتفاع قبل الزوال يلزم استعمال وجه البسيطة المخصوص لساعات ماقبل الزوال واذا صار أخذه بعد الزوال يلزم استعمال الوجه الآخر وفى كلتا الحالتين يتعين طرح ثمانى دقائق للتمكين كما قلنا فيما سبق

وللبحث عن سائر الاوقات تستعمل الطرق التى تكلمنا عليها فى المادة (٩٢) فتعلم مباشرة بدون احتياج الى اجراء التحويلات التى ذكرناها هنالك لان البسيطة التى نحن بصددها تبين الازمان الغروبية فلاحاجة اذن للتكرار هنا وليلاحظ اننالم نرسم فى الشكل (٦٢) خطى الامساك والعشاء وذلك لضيق وجه البسيطة المختص بماقبل الزوال ولكن لاصعوبة فى رسمهما على كل حال

(فى كيفية تعيين الاوقات بدون استعمال ساعة ولا بسيطة حالما تكون الشمس مرئية بعد الزوال)

(١٢٥) ان أكثر سكان الصحارى والفلوات لعدم تيسر حصولهم على آلات الساعات والبسائط تراهم يستعملون طرقا اخرى استنبطوها من التجارب فيعرفون بها أوقات النهار بمجرد نظرهم الى الشمس وينظمون أشغالهم عليها وهذه الطرق صحيحة ومطبقة على أدق القواعد العلمية

فمن ذلك انهم يضعون أيديهم على الهيئة المرئية فى الشكل (٦٣) ويرصدون ظل احدى السبابتين الواقع على الاخرى فيعرفون الوقت ولبيان ذلك نقول ضع يديك بحيث ان الابهامين يتلاصقان من طرفيهما ويكونان افقيين وأبق السبابتين عموديتين عليهما ثم أطو الوسطى والبنصر والخنصر فالابهامان والسبابتان يكونان مستويا رأسيا اذا اتجه هذا المستوى نحو الشمس ورصد ظل رأس احداهما يرى انه اذا وقع ذلك الظل على

رأس السبابة الاخرى تكون الشمس فى ذلك الوقت عنـد الافق أى تكون الساعة (١٢) مساء واذا وقع الظل على أعلى عقدة من السبابة الاخرى تكون الساعة (١١) واذاوقع على العـقدة الثانيـة تكون الساعة (١٠) وعلى العقدة الثالثة الساعة (٩) واذا وقع على شبيه العقدة التى بين الابهام والسبابة تكون الساعة (٨) هذا ماثبت بالتجربة

واذا اريد معرفة سبب صحة هذه القاعدة يكفى امعان النظر فى الشكل التاسع والاربعين فان خطوط الساعات (٨) و (٩) و (١٠) و (١١) و (١٢) لما بعد الزوال تكاد تكون موازية لدائرة الافق فاذا تصورنا سطوح هذه الساعات مارة برأس السبابة الاولى الذى يمكن فرضه مركز العالم فهذه السطوح تلاقى السطح المار بالسبابة الاخرى وعمودى على الافق بحيث ان خطوط التلاقى التى هى خطوط الساعات المذكورة تكاد تكون موازية للافق واذا عينت نقط تلاقى هـذه الخطوط بتلك السـبابة الثانيـة فعنـد ما ينتقل ظل رأس السـبابة الاولى على هـذه النقط تتعين السـاعات المذكورة وحيث ان العـقد الموجودة طبيعـة فى الاصـبعين المفروضتين تقابل بالصـدفة مواضع تلك النقط فلا حاجـة لتعيينها ويمكن استـعمال الطريقـة المذكورة آنفا لمعـرفة الاوقات المذكورة وبكثرة الاستعمال يحصـل الانسـان على معرفتها بدون أن يزيد الخطأ على عشر دقائق

ويسـتفاد من الشكل المذكور ان خطوط ساعات ما قبل الزوال ليست موازية للافق كسائر الخطوط بل تكاد تكون عمودية عليه ولهذا السبب لايمكن استعمال الطريقة المذكورة لتعيين أوقات ماقبل الزوال

(خاتمة الباب الاول)

ان البسائط المتنوعة التى ذكرناها فى الباب الاول تبين حينما يقع عليها الشعاع الضوئى أوظل المرقم ساعات الزمن الحقيقى الزوالية والغروبية ويمكن بواسطتها تصحيح السـاعات الميكانيكية الا ان هنالك أمرا يلزم ملاحظته وهو أن أشـعة الشمس الواقعة على سطح الارض لاتدل بالضـبط على المكان التى تكون فيـه الشمس على قبـة السماء لان الاشعة المذكورة لاتصل الينا على خط مسـتقيم بل تنكسر فى الهواء المحيط بالارض على حسب قانون انكسار الضوء فترى الشمس فى مكان أعلى من المكان الذى هى فيه

فى

فى الواقع فكما انه يلزم تصحيح الارصاد الفلكيـة لامكان فرضـها حاصـلة من مركزى الشمس والارض كذلك يلزم تصحيح الاوقات التى يستدل عليها بواسـطة البسائط لازالة الخطا الذى ينشأ عن انكسار الضوء أوعن بعـد موضـع البسـيطة من مركز الارض لاسيما اذا كان المطـلوب هو الزمان الوسـطى فيتعين تعـديله ولكن حيث ان هـذه التصحيحات تستوجب حسابات مطولة والقصـد من استعمال البسائط انما هو التجنب من الحسابات ففى المحـلات التى يستعمل فيها الزمن الحقيقى (وهى الممالك الاسلامية) يمكن صرف النظر عن هذه التعديلات ويكفى اجراء عملية التمكين التى هى عبارة عن طرح الثمان دقائق

هذا واعلم أن البسائط المختصة ببيان الساعات الغروبية وهى المبينة فى الفصل الثالث والرابع والخامس من القسم الثانى كما أنه أمكن رسمها بطرق هندسـية يمكن رسمها بطريق الحساب كما لايخفى على أهـل العلم والبصـيرة ولكنا تجنبنا التطويل واكتفينا بذكر الطرق الهندسية

(الباب الثانى)

(فى بيان بعض آثار عتيقة وتطبيقها على العلوم الحاضرة)

القسم الاول

(فى تسـطيح الكرة)

الفصل الاول

(فى بيـان الاسـطرلاب)

(١٢٦) قد أولع العرب فى القرون المتوسـطة بالعمل بالآلة المسماة بالاسطرلاب التى أخذوها عن أسلافهم واشـتغلوا بتحسينها حتى أتقنوها كل الاتقان وأظهروا نتائجها للعيان وشرح هذا الآلة يوجد فى المجلد الخامس من كتاب بطليموس (بتولميه) الذى ولد فى الجيل الثانى من الميلاد بمدينة الاسكندرية وحصل فيها على العلوم واشتهر اسمه بين العموم حتى قصده الطلاب من جميع انحاء البلاد وهذا الكتاب يحتوى على ثلاثة عشر مجلدا جمع فيها مؤلفها كل ماتلقاه من العـلوم عن أسـلافه وشرحها بشروح سـديدة وزادعليها زيادات مفيدة والمجلد الخامس من هـذا الكتاب يختص ببيـان

الاسطرلاب وشرح القواعد المتعلقة بتسطيح الكرة ولم يعلم بالتحقيق أهذا المؤلف هو المؤسس لهذه القواعد أم غيره هو شارح لها (١) وانما يفهم من هذا ان الاسطرلاب كان معلوما فى التاريخ المذكور ولكنه لم يشتهر الشهرة التامة الا فى القرنين الثانى والثالث من تاريخ الاسلام

وهذه الآلة وان كانت كيفية استعمالها موضحة فى عدة كتب ورسائل عربية وفارسية الا أننا لم نقف فيما رأيناه منها على تأليف مبين لكيفية وضعها ورسمها وانما توجد نفس هذه الآلة فى أنتيقخانات وكتبخانات بترسبورغ وبرلين واسبانيا وباريس ومنها واحدة مزخرفة فى أنتيقخانة لوندره صنعت لشخص من صفويه اسمه حسين خان وأخرى فى مجموعات الآثار القديمة عند علماء الاورباويين المشتغلين باستكشاف علوم الشرق العتيقة وقد وضعوا فيها كتبا ورسائل عديدة بلغاتهم

ورب معترض يشتبه عليه وجه الصواب ويقول أى حاجة الى آلة الاسطرلاب مع وجود الآلات الحديثة مركبة كانت أو بسيطة والادوات الهندسية التى تصنع اليوم بغاية الدقة وتبين الكسور الصغرى جدا فنجيبه بأن هذه الآلة بمفردها تغنى عن جميع الآلات الحديثة وكل الصيد فى جوف الفرا اذ بواسطتها يمكن اجراء جميع العمليات المختلفة التى تؤخذ بالآلات الاخرى كما سنبينه

نعم لاينكر أن الآلات الحديثة هى أدق من الاسطرلاب ولكن هذه الدقة الزائدة قد لايضطر اليها فى أغلب الاحوال والنتائج التى يحصل عليها من الاسطرلاب تكون كافية هذا الى صغر حجمها وامكان وضعها فى الجيب وسهولة نقلها من جهة الى أخرى ولذلك يجدر أن تسمى بأم الآلات الرصدية فنظرا لهذه الاسباب واظهارا لفضل المتقدمين وبيان درجة علومهم وقصدا لتنوير أفكار المشتغلين بتقدم العلوم رأينا من الواجب ان نتكلم على هذه الآلة فأولا نبين العمليات التى يمكن اجراؤها بالاسطرلاب وثانيا نذكر أسماء أجزائه والرسوم التى عليه وثالثا نبين النظريات والعمليات التى يلزم مراعاتها لانشاء هذه الآلة ورسمها

(فى العمليات التى يمكن اجراؤها بالاسطرلاب)

---

(١) قال دلمبر فى كتابه فى تاريخ الهيئة العتيقة والحديثة ان بطليموس لم يخترع هذه القواعد بل أخذها من كتب العلامة هيبارق الذى كان يرصد الافلاك فى جزيرة رودس سنة ١٠٨ قبل ميلاد سيدنا عيسى عليه الصلاة والسلام

(١٢٧) العمليات التى يمكن الحصول عليها بهذه الآلة هى

١ أخذ ارتفاع الشمس

٢ معرفة وجود الشمس فى أية درجة من أىّ برج فى أىّ يوم كان

٣ معرفة ميل الشمس والكواكب وغايات ارتفاعها واستخراج عرض البلاد منها

٤ « أقواس الليل والنهار وساعاتهما المستوية والزمانية ونصف التعديل (نصف الفضلة)

٥ معرفة الدائر وفضل الدائر

٦ استنباط مقدار الظل من الارتفاع ومقدار الارتفاع من الظل

٧ تعيين أوقات الصلاة والفجر والشفق

٨ « سعة المشرق والمغرب والارتفاع الذى زاوية سمته صفر

٩ « زاوية سمت أىّ ارتفاع

١٠ « سمت القبلة

١١ « الجهات الاربع والقبلة فى أىّ وقت وفى أى بلد

١٢ « البعد بين بلدين وسمت أحدهما بالنسبة للآخر

١٣ « المطالع الفلكية والمطالع البلدية ومطالع النظير والوقت

١٤ « طالع المعين وطوالع المولودين وطالع العالم وتسوية البيوت الاثنى عشر

١٥ اجراء العمليات المختصة بالكواكب وتعيين بروجها

١٦ مسائل اخرى تتعلق بسطح الارض كتعيين ارتفاع الاجسام وعمق الآبار وسعة الانهر وجهة جريان مياهها وحساب البعد بين محلين ومعرفة أىّ الجبلين أقرب لمحل مفروض الى غير ذلك من المسائل التى يمكن حلها بواسطة الاسطرلاب

(فى اجزاء الاسطرلاب)

(١٢٨) الاجزاء الاصلية التى يتركب منها الاسطرلاب خمسة ألواح أو أكثر الى عشرة وكلها مستديرة متساوية ومصنوعة من النحاس الاصفر بسمك دقيق مثل سمك الصفيح ومسطحة من غير اعوجاج ومثقوبة عند مركزها من ثلاثة ملليمترات الى سبعة أو ثمانية (شكل ٦٤) وتسمى هذه الثقوب بالمحن وقطعة اخرى من نحاس (شكل ٦٥) (١) مثقوبة عند مركزها على هيئة شريط سمكه يساوى السمك الحاصل من وضع الالواح

بعضها على بعض وتسمى ام الاسطرلاب أو الحجرة فتى وضعت الالواح فى الحجرة كما تراها فى (الشكل ٦٥) قطعة (٢) يلزم ان اللوحة التى توضع فوق الاخر تكون مفرغة من بعض جهات سطحها (شكل ٦٦) بحيث يبقى فيه خوارج حادة ودائرة كرسيها خلاف مركز اللوحة التى تسمى حينئذ بالعنكبوتة أوالشبكة ويوضع على العنكبوتة ما يسمى بالعضادة وهى قطعة من معدن مثقوبة المركز على هيئة شريط طوله يساوى قطر الحجرة كما ترى فى الشكل (٦٥)

ويوضع العضادة بحيث ان أحد حرفيها المسمى بخط الترتيب يمر بمركز الآلة وبالخارجتين اللتين على جانبيها المسماتين بالشظيتين أو المشعرتين وفى بعض الآلات تصنع العضادة بساقين مختلفين كما ترى فى شكلنا بحيث ان نصف خط الترتيب المفروض مروره من المركز يعتبر على أحد الساقين والآخر على الساق الآخر ثم على طرفى العضادة يوضع قطعتان عريضتان بقدر عرضها عموديتان على سطحها فى كل واحدة منهما ثقب يرصد به الكواكب وغيرها وتسمى الهدفة أوالدفة أواللبنة

واصل محل استعمال العضادة هو ظهر الاسطرلاب كما سنبينه بعد ولكن يمكن وضعها على وجهه أيضا فبعد ترتيب الصفائح والعضادة فى الحجرة بالكيفية المشروحة يوضع عند مركزها مسمار برأس عريض على هيئة محور فى طرفه ثقب عرضى بحذاء سطح العضادة يوضع فيه مسمار آخر يسمى الفرس لتحكيم تلك القطع فى الحجرة ثم بين الفرس والعضادة حلقة صغيرة تسمى الفلس ويوضع لمنع احتكاك الفرس على سطح العضادة حين تدور حول محورها

وحيث انه من الضرورى تدوير العنكبوتة فوق الحجرة بدون تحريك سائر الالواح فلهذا القصد يوضع على محيط كل لوحة خارجة صغيرة تحبس فى فتحة مصطنعة على حائط الحجرة فتمنع حركة الالواح وتدور العنكبوتة بدون عائق لها

ثم ان جميع ماتقدم ايضاحه يختص بوجه الاسطرلاب وأما ظهره فهو كما يظهر من الرسم الثالث فى الشكل (٦٥) لايوجد فيه شئ متحرك سوى العضادة

وحيث ان هذه الآلة تستعمل تارة بوضعها رأسية وتارة بوضعها غير رأسية فلاجل جعلها رأسية يوضع قطعة مثلثية على جزء من محيط الحجرة تسمى بالكرسى على رأسه عروة تدور حول محورها داخلا فيها حلقة كما ترى فى الاشكال فاذا أمسكت الآلة باليد من هذه الحلقة أوعلقت منها فى محل تأخذ بسبب ثقلها الطبيعى موضعا

رأسيا

رأسيا بحيث ان العمود النازل من نقطة التعليق يمر بالعروة وبوسط الفتحة التى على حائط الحجرة ثم بمركز المحور

(فى الرسوم التى على الحجرة)

(١٢٩) اذا دوّرنا العضادة حول مركزها فالمشعرتان اللتان على طرفيها يرسمان دائرة على محيط الحجرة فنقسم هذه الدائرة من اليسار الى اليمين بالابتداء من الخط الرأسى المارّ بالعروة وبوسط الكرسى وبالمركز الى ثلثمائة وستين درجة كمافى (١) و (٢) من الشكل (٦٥) ويوضع على نقط التقاسيم الحروف الابجدية خمس درجات فخمس درجات فآخر نقطة على يسار الخط المذكور تكون علامة (شس) أعنى °٣٦٠ وفى شكلنا قد استعملت الارقام العربية بدلا من الحروف الابجدية

ولا يوجد بعد هذه التقسيمات على وجه الحجرة رسوم غير أن بعض الالواح الداخلة فيها تحتوى على بعض رسوم خصوصية تسمى بالواح المقنطرات والبعض الآخر يحتوى على رسوم اخرى تسمى بالصفائح الموضعية أوالصفائح الآفاقية

(فى بيان الرسوم التى على صفائح المقنطرات)

(١٣٠) ان الشكل (٦٤) يبين لنا احدى لوحات المقنطرات والرسوم التى عليها (فأوّلا) ثلاث دوائر متحدات المركز وهو نفس مركز اللوحة فالدائرة الوسطى عبارة عن مدار رأسى الحمل والميزان مدار الاعتدال ومعدّل النهار وخط الاستواء والدائرة الصغيرة القريبة من المركز عبارة عن مدار السرطان والقريبة من محيط اللوحة عبارة عن مدار الجدى والمركز المذكور يدل على القطب السماوى وأحد الخطين العموديين عند المركز يمر بنقطة تقاسيم الحجرة المقابلة للصفر بحيث يتجه نحو العروة ويسمى نصفه الذى فوق الافق بخط وسط السماء وخط الزوال وخط نصف النهار ونصفه الذى تحت الافق يسمى بوتد الارض وثانيهما يمر بنقطتى الاعتدالين ويسمى بخط المشرق والمغرب

(وثانيا) ان خط وسط السماء يحتوى على نقطة قريبة من القطب وهى المرموز لها بالحرف (ص) الدال على العدد (٩٠) قد رسم منها جملة دوائر متوالية تملأ نصف اللوحة تقريبا تسمى بالمقنطرات فبعضها مرسوم كله على سطح اللوحة والبعض الآخر يمتد الى مدار الجدى ورسمه غير تام على سطح اللوحة فالدائرة البعدى من نقطة (ص) المارّة بنقطتى تقاطع معدّل النهار بخط المشرق والمغرب تسمى بالمقنطرة الاولى ومفروض

انهـا افق المحل والمقنطرات التى على يمين خط وسط السماء تسمى بالمقنطرات الغربيـة والتى على شمالها تسمى بالمقنطرات الشرقية ونقطة (ص) هى سمت رأس المحل الذى تستعمل فيه اللوحة المفروضة

والمقنطرات التى يمكن رسمها بتمامها على سـطح اللوحـة هى التى بعـدها عن سمت الرأس لايزيد عن (عرض البلد + ميل الشمس الكلى) والتى تمتد الى مدار الجدى غربا وشرقا بدون تكاملها هى التى بعدها عن سمت الرأس يزيد عن المقدار المذكور وترسم عادة هذه الدوائر على بعد ست درجات بين بعضها والبعض ويقال حينئذ انها سداسية واذا رسمت على بعد ثلاث درجات يقال لها ثلاثية وان رسمت على بعد درجة واحـدة يقـال لها تامة ثم توضع عليهـا أرقام بالابتـداء من الافق الى سمت الرأس (و يب يح)

ويرى فى بعض الآلات كلمة (الشفق) على الجزء الشرقى للمقنطرة البعيدة عن الافق بقـدر ثمان عشرة درجـة وكلمة (الفجر) على جزئها الغربى ويرى فى البعض الآخر ان هاتين الكلمتين موجودتان على خطين مرسومين شرقا وغربا تحت الافق

(وثالثا) مرسوم أقواس دوائر متلاقية فى نقطة (ص) وكل منها يلاقى المقنطرات المتقـدم ذكرها وتسمى هـذه الاقواس بالسموت وهى نوعان سموت شرقيـة وسموت غربية فالاولى ماوجدت جهـة الشرق والاخرى جهـة الغرب والقوس المار بنقطتى الشرق والغرب يسمى بمبدا السموت وقد وضعت على السموت الحروف الابجدية الدالة على أرقامها ويرى أن السمت الوسطى ينطبق على خط وسط السماء

(ورابعـا) أقواس الدوائر المرسومة شرقا وغربا تحت الافق بالابتـداء من وتد الارض تسمى بخطوط السـاعات الزمانيـة البلـدية وهى تقسم الاجزاء التى تحت الافق من المدارات الثلاثة كلا الى اثنى عشر قسمـا أقساما متسـاوية وقد كتب من جهة الافق الشرقى الى جهـة الافق الغربى رقم كل خانة بالحروف الابجدية من واحـد الى اثنى عشر ويرى فى بعض الآلات ثلاثة أقواس مابين وتد الارض والافق الشرقى أولهـا فى الخانة الثانية من الخانات التى بين خطوط الساعات الزمانية البلدية ومكتوب عليها كلمة (الظهر) وثانيها فى الخانة الرابعة ومكتوب عليها كلمة (العصر) وثالثها فى الخانة الخامسة ومكتوب عليها كلمة (آخر العصر) ثم يوجد على احدى جهات اللوحة عرض البلد الذى تستعمل فيه

وجميع الرسوم المتقدم ذكرها ترسم على وجهى كل لوحة من اللوحات الموجودة فى جرة الاسطرلاب وتستعمل كل واحدة منها فى محلات مختلفة العرض

(فى الصفيحة الآفاقية)

(١٣١) يرى من الشكل (٧١) صورة الصفيحة الآفاقية مرسوما عليها أيضا مدار رأس الحمل والميزان ومدار السرطان ومدار الجدى وخط وسط السماء ووتد الارض وخط المشرق والمغرب ثم عدة أقواس ودوائر أخرى دالة على آفاق بعض المحلات

(فى الصفيحة الموضعية)

(١٣٢) يرسم على هذه الصفيحة (شكل ٧٢) المدارات الثلاثة المذكورة آنفا والقطران المتعامدان وسمت الرأس والافق ثم يرسم عليها خلاف ذلك مابين مدار السرطان والجدى عدة أقواس دوائر بعد بعضها عن بعض خمس درجات أوثلاثون درجة ويوجد صفيحة مثل هذه فى اسطرلاب احدى الكتبخانات الالمانية سماها أحد مؤلفى الالمان وهوو يكة باسم الصفيحة الموضعية وهى مرسوم عليها أقواس من ثلاثين درجة الى ثلاثين مبينة بأرقام ثم أقواس من خمس درجات الى خمس مبينة بخطوط أدق من الخطوط الاولى ويرى فيها أعداد مكتوبة بالحروف الابجدية دالة على العروض التى صنعت لاجلها

(فى الرسوم التى على العنكبوتة أوالشبكة)

(١٣٣) تتركب العنكبوتة من شيئين أصلين أحدهما خوارج رقيقة لبيان مواقع بعض الكواكب الثابتة (شكل ٦٦) تسمى بشظايا الكواكب أومريها يكتب على كل منها اسم الكوكب الذى جعلت لاجله أونمرته والآخر دائرة مرسومة فى سطحه مماسة لمحيطها تدل على مدار الشمس السنوى وهو دائرة البروج فيقسم محيط تلك الدائرة الى اثنى عشر قسما غير متساوية وكل قسم ثلاثون درجة ويوضع على هذه الاقسام أسماء البروج وهى

الحمل	السرطان	الميزان	الجدى
الثور	الاسد	العقرب	الدلو
الجوزاء	السنبلة	القوس	الحوت

أومايدل عليها ثم توضع خارجة صغيرة على الفصل المشترك بين برجى القوس والجدى

بالقرب من نقطة تماس الدائرة المذكورة والشبكة ويقال لها مرى الاجزاء وبواسطتها يقرأ على محيط الحجرة مقدار الدرجات التى دارت عليها العنكبوتة

ثم يوضع على سطح العنكبوتة نقطة أوجملة نقط على شبه ازرار لاجل تدويره منها بسهولة

(فى الرسوم التى على ظهر الاسطرلاب)

(١٣٤) القطعة الثالثة من الشكل (٦٥) تبين ظهر الاسطرلاب فيرسم عليه قطران متقاطعان أحدهما ينطبق على الخط الرأسى المار بوسط الكرسى وبالمركز والآخر ينطبق على خط المشرق والمغرب فهذان القطران يقسمان ظهر الاسطرلاب الى أربعة ارباع متساوية كل ربع منقسم الى تسعين درجة مبتدئة من طرفى خط المشرق والمغرب ومنتهية الى طرفى الخط الرأسى وأرقامها مكتوبة بهذه الكيفية ثم يرسم على قوس أحد الربعين اللذين تحت خط المشرق والمغرب اعداد الظل المبسوط أوالمنكوس (يعنى مماس الزوايا وتمام مماسها) أواعدادهما معا وفى أكثر الآلات يرسم مربع حول المركز اضلاعه موازية لخط المشرق والمغرب ولوتد الارض و يقسم ضلعاه اللذان تحت الخط المذكور الى اثنى عشر قسما أقساما متساوية يوضع عليها الحروف (ا ب ج د ..... يب) فالاقسام التى على الضلع الموازى لوتد الارض تدل على الظل المنكوس والتى على الضلع الموازى لخط المشرق والمغرب تدل على الظل المبسوط وفى بعض الآلات يكتب على الضلع الاول الظل القائم وعلى الثانى الظل الافقى

ثم فى بعض الاسطرلابات يقسم قوس أحد الربعين اللذين تحت خط المشرق والمغرب الى (مه) أى الى خمسة وأربعين قسما أقساما غير متساوية وبها تعرف الاعصر الآفاقية أى وقت دخول العصر الاول على أى أفق كان وذلك بتعيين مقدار نزول الشمس على الافق بعد الزوال

ويرسم على محيط الربع الآخر ميول الشمس فى الايام التى تتحرك فيها من خط الاستواء الى أحد المدارين الانقلابيين فتبتدئ بالصفر وتنتهى بالميل الكلى وهو ثلاث وعشرون درجة وثلاثون أوخمس وثلاثون دقيقة

والتقسيمات المتعلقة بالاعصر الآفاقية وميول الشمس تبتدئ من خط المشرق والمغرب وتنتهى الى وتد الارض ولعدم ابقاء داخل الارباع خاليا يرسم فى الربع المجاور للربع المرسوم فيه قامة الظل المتقدم ذكرها الساعات الزمانية الآفاقية (أعنى الساعات التى

يمكن استعمالها فى كل افق) ثم فى ربع آخر ترسم جيوب الزوايا ولذلك يسمى هذا الربع بالربع المجيب

ثم يرسم على ظهر بعض الاسطرلابات دائرة ينقسم محيطها الى اثنى عشر قسما تبين البروج وهى الحمل والثور والجوزاء .... وهكذا ويقسم قوس كل برج الى ثلاثين قسما أقساما متساوية ولبيان أيام كل شهر ترسم دائرة أخرى داخل الدائرة الاولى ويكتب على محيطها أسماء الشهور الافرنجية

يناير	مايو	ستمبر
فبراير	يونيه	اكتوبر
مارث	يوليه	نوفمبر
ابريل	أغسطس	ديسمبر

وبهذه الكيفية يمكن معرفة الدرجة التى تكون عليها الشمس فى أىّ يوم كان

وفى بعض الاسطرلابات توضع تقاسيم الاشهر والايام فى دائرة البروج المرسومة على العنكبوتة

(فى كيفية رسم الواح المقنطرات)

(١٣٥) الرسوم التى يلزم اجراؤها على الواح المقنطرات المبينة فى المادة (١٣٠) عبارة عن تسطيح الكرة بقواعد المناظر على سطح معدّل النهار ولاجل ذلك توضع النقطة البصرية على القطب الجنوبى وتعين دوائر الكرة اما بالحساب واما بالهندسة فاذا أريد تعيينها بالحساب تستعمل قوانين حساب المثلثات واذا أريد تعيينها بالهندسة تستعمل قواعد الاستريوغرافية المتعلقة بتسطيح الكرة

وحيث ان هذه الرسوم أربعة أنواع كما بينا ذلك فى المادة (١٣٠) فالكلام عليها هنا ينبغى ان يقسم الى أربعة أقسام على الترتيب المتقدّم ذكره

القسم الاول

(فى رسم المدارات الثلاثة)

لنفرض كرة فى (م) شكل (٦٧) وليكن (ن) القطب الشمالى و (نَ) القطب الجنوبى و (ع عَ) خط معدّل النهار ولنأخذ على جانبى خط الاستواء قوسين مساويين لميل الشمس الكلى ونرسم الخطين (د دَ) و (ب بَ) موازيين لمعدّل النهار فيكون الاول مدار السرطان والثانى مدار الجدى

ولنرسم فى نقطة (ن) مستويا مماسا للكرة المذكورة فمن حيث انه عمودىّ على محور العالم (نَ ن) فالخط (بً بً) يكون الاثر الرأسى لذلك السطح فاذا فرضنا عين الناظر أعنى نقطة بصر الرسام فى القطب الجنوبى (نَ) وتخيلنا منها خطا شعاعيا واقعا على احدى نقط مدار السرطان (د دَ) وفرضنا القطب (نَ) ثابتا وخط الشعاع متحركا على محيط المدار المذكور يتولد مخروط يقطع السطح المماس المتقدم ذكره على دائرة هى مناظرة لمدار السرطان (د دَ) فلرسم هذه الدائرة نصل من نقطتى (د و دَ) الى النقطة (نَ) بخطين مستقيمين ونمدهما الى أن يلاقيا الخط (بً بً) فى (دً و دً) فالمخروط المذكور يكون (دً نَ دً) ويكون (دً دً) الفصل المشترك بينه وبين السطح المماس وحيث ان نقطة (ن) هى وسط البعد (دً دً) فاذا رسمنا منها الدائرة (ن دً) تكون هى الدائرة المطلوبة اذ رسم هذه الدائرة بالكيفية المذكورة بمثابة تدوير السطح المماس المحتوى على تلك الدائرة بقدر تسعين درجة حول المحور (بً بً) حتى ينطبق على سطح الشكل

وكذلك اذا وصلنا من نقطتى (ع و عَ) الى نقطة (نَ) ورسمنا الدائرة (ن عً) نجد مناظرة خط الاستواء (ع عَ) ثم بوصل (ب و بَ) الى (نَ) ورسم الدائرة (ن بً) نجد مناظرة مدار الجدى (ب بَ)

ثم ان العمليات المذكورة عبارة عن تسطيح الكرة على سطح خط الاستواء ولذلك تسقط جميع الدوائر المتوازية على دوائر مرسومة من المركز (ن) وأما سطوح الساعات أى سطوح انصاف النهار فتسقط جميعها على خطوط مستقيمة مارة بالنقطة (ن) فاذا فرضنا (بً بً) خط نصف نهار المحل يكون الخط (ل ح) العمودى عليه هو خط المشرق والمغرب والنقطة (نً) تكون نقطة المشرق والاعتدال الربيعى و (نَ) نقطة المغرب والاعتدال الخريفى والخط (ن بً) الممتد من نقطة (ن) الى سمت الرأس يكون خط وسط السماء و (ن بً) المتجه نحو سمت القدم يكون وتد الارض

هذا واذا أريد استعمال الحساب لرسم هذه الدوائر نستخرج الابعاد (ن دً) و (ن عً) و (ن بً) من المثلثات (نَ دً ن) و (نَ عً ن) و (نَ بً ن) ولاجل ذلك يفرض قطر الكرة (ن نَ = ١) فيكون (ن عً = ١ أيضا) كما يظهر من الشكل ولنا حينئذ

ذً ن = مماس (ذً ذَ ن) = مماس ½ (ذَ م ن)

= مماس ½ (٩٠ — ميل الشمس الاعظم)

بً ن = مماس (بً نَ ن) = مماس ½ (بَ م ن)

= مماس ½ (٩٠ + ميل الشمس الاعظم)

ومن ذلك يعلم (ذً ن) و (بً ن) بالنسبة الى الطول المفروض لنصف قطر معدّل النهار (ن عً) فيمكن اذن رسم الدوائر المذكورة

القسم الثانى

(فى رسم المقنطرات)

المقنطرات هى عبارة عن الدوائر الحادثة من قطع الكرة السماوية باسطح موازية للافق مرسومة ما بينه وبين سمت الرأس وحيث انّ سمت الرأس والحالة هذه يكون قطب الافق كما هو مصطلح عليه فى حساب المثلثات الكروية يكون الافق أول المقنطرات وأعظمها ثم يليه مقنطرة أصغر من هذه وهكذا الى سمت الرأس فهنالك تكون المقنطرة معدومة

فلرسم هذه المقنطرات نقول . لترسم المدارات الثلاثة (شكل ٦٨) وخط المشرق والمغرب وخط وسط السماء كما تقدم فاذا عينا سمت الرأس والافق والسطوح الموازية له بالنسبة لموضع الكرة المفروضة (نَ ذ ن حَ) ثم جعلنا القطب الجنوبى (نَ) نقطة البصر وأخرجنا منها خطوطا شعاعية الى تلك الدوائر المتوازية وعينا مناظرها على سطح شكلنا نكون قد رسمنا المقنطرات المطلوبة

ولاجل ذلك نفرض (مَ) المحل المطلوب رسم مقنطراته فيكون سمت رأسه النقطة (م) التى بعدها عن القطب الشمالى (ن) يساوى تمام عرض ذلك المحل وأفقه يكون (ح حَ) المار بنقطة (حَ) البعيدة من القطب المذكور بقدر عرض المحل المفروض

ويقسم بعد ذلك ربع الدائرة (ح م) بالمنقلة الى أقسام مساوية للابعاد المراد رسم المقنطرات عليها أى يقسم درجة درجة أو درجتين درجتين أو ستا ستا أو كما فعلنا فى رسمنا عشرين عشرين ثم نرسم من نقط التقاسيم الخطوط (ذ ذَ و ب بَ . . . وهكذا) موازية للافق (ح حَ) ونصل من النقط (ح ذ ب . . . وهكذا) و (حَ ذَ بَ . . . وهكذا)

الى نقطة البصر (ن َ) بخطوط شعاعية تلاقى الخط (ل حً) فى النقط (حً ءً بً .... وهكذا) و (حً ءً بً .... وهكذا) وتحدث الخطوط (حً حً) و (ءً ءً) و (بً بَ) (١) و .... وهكذا التى هى عبارة عن اقطار الدوائر المشتركة بين الخاريط المناظرية (حً نَ حً) و (ءً نَ ءً) ..... وهكذا وبين السطح (ل حً) المماس للكرة المفروضة فاذا رسمنا من منتصف كل من هذه الاقطار دائرة تحدث الدوائر (ع ع) و (عَ عَ) و (عً عً) ..... وهكـذا وهى مناظر المقنطرات على سطح المماس فكاننا دورنا هـذا السطح تسعين درجة حول محوره حتى انطبق على شكلنا وكـذلك اذا وصلنا سمت الرأس (م) والنقطة (نَ) بخط مستقيم ومددناه الى أن يلاقى سـطح المماس المذكور تحـدث النقطة (مً) وتكون هى منظر سمت الرأس

ولايخفى أن سـطح الافق كما يقسم معـدّل النهار الى قسمين متساويين كـذلك دائرة البروج تقسمه الى قسمين متساويين فاحدى نقط تقاطعهما تسمى بنقطة الاعتـدال الاول أى أول الحمل والاخرى تسمى بنقطة الاعتدال الثانى (٢) أى أول الميزان ومن حيث ان الرسوم الناشـئة عن تسطيح الكرة فى الاسـطرلاب انما هى حاصلة بفرض نقطة النظر على سطح الافق ونقطتا الاعتدالين المذكورين لكونهما موجودتين على كل من سطح الافق ومعدّل النهار فمنظراهما يوجدان على نقطة تقاطع منظرى الافق ومعدّل النهار المذكورين وحينئذ تكون النقطتان (نَ نً) هما نقطتا الاعتدالين واحداهما (نً) التى هى أول الحمل تسمى بنقطة المشرق والاخرى (نَ) التى هى أول الميزان تسمى بنقطة المغـرب وسيتضح فى المادة الآتى ذكرها ان منظر دائرة البروج المرسومة على العنكبوتة يمر بهاتين النقطتين وهو ظاهر

وبما ان خط وسط السماء (ل ءً) يقسم كلا من هذه المقنطرات الى قسمين متساويين فالاقسام التى فى جهة النقطة (نً) تسمى بالمقنطرات الشرقية والتى فى جهة (نَ) تسمى بالمقنطرات الغربية فلبيان درجات المقنطرات المذكورة يكتب على كل من هذه الاقسام حرف من الحروف الابجدية بالابتداء من الافق الى سمت الرأس

هذا واذا أريد استعمال الحساب نقول لتكن المقنطرة (ل لً) شكل (٦٨) فلاجل

(١) حيث ان نقطة (بً) لايمكن ان تظهر فى الشكل فنقطة (بَ) قامت مقامها

(٢) ان هذه النقطة تقابل ابتداء السنة الهجرية أى ان الشمس كانت حالة بها فى يوم قدوم نبينا عليه أفضل الصلاة والسلام الى المدينة المنورة وسنوضح ذلك فى مادة (١٩٧)

تعيينها

تعيينها نفرض نصف قطر معدّل النهار مساويا للواحد ونحسب الضلعين (ك′ ن)
و (ك″ ن) من المثلثين (ك′ ن′ ن) و (ك″ ن′ ن) القائمى االزوية ثم نضيف
أحدهما (ك′ ن) الى نصف الفاضل بينهما فنجد بعد المركز (م″) لمنظر المقنطرة
المفروضة من المركز (ن) ولاجراء هذا الحساب لابد من معرفة الزاويتين (ك′ ن′ن)
و (ك″ ن′ ن) أما الاولى فانها تساوى نصف الزاوية (ك′ م′ ن) وأما الثانية
فانها تساوى نصف الزاوية (ك″ م′ ن) ومن حيث ان الزاوية (ك′ م′ ن) يقيسها
القوس(م ك)أو(م ك″)وهو يساوى بعد المقنطرة من سمت الرأس والزاوية(ل″م′ن)
يقيسها القوس (م ن) وهو يساوى عرض البلد قلنا

ك م′ ن = تمام العرض ± بعد المقنطرة المفروضة من سمت الرأس(١)

ك″ م′ ن = تمام العرض + بعد المقنطرة المفروضة من سمت الرأس(٢)

ن ن′ = ١ = نصف قطر معدّل النهار

ك′ ن = مماس (ك′ ن′ ن) = مماس ½ (ك م′ ن) (٣)

ك″ن = مماس (ك″ ن′ ن) = مماس ½ (ك″م′ ن) (٤)

(ك″ن − ك′ن) / ٢ ∓ ك′ ن = بعد المركز (٥)

فبعد معرفة بعد مركز منظر المقنطرة المفروضة عن مركز الاسطرلاب (ن) بالكيفية
المشروحة يرسم المنظر المذكور

(تنبيه) اذا كان بعد المقنطرة عن سمت الرأس أقل من تمام العرض تؤخذ الاشارة
(ناقص) فى القانون الاول والاشارة (زائد) فى القانون الخامس وعلى العكس اذا كان
البعد المذكور أعظم من تمام العرض

ومن حيث ان جميع المقنطرات المطلوب رسمها بعيد بعضها عن بعض بمقدار واحد
سواء كان درجة واحدة أوثلاث درجات أوست درجات فمن السهل معرفة بعد كل منها
من سمت الرأس وبوضع هذه المقادير فى القوانين الخمسة السالف ذكرها تعلم انصاف
أقطار الدوائر المناظرة

القسم الثالث

(فى كيفية رسم مناظر دوائر السموت)

دوائر السموت هى السطوح المارة بخط شاقولى يمسك باليد أعنى انها مارة بسمت

رأس المحل وعمودية على الافق ولما كانت ارتفاعات الشمس والكواكب تحسب على هذه السطوح سميت أيضا بدوائر الارتفاع ومبدأ هذه السطوح هو الذى يلاقى سطح نصف النهار على تسعين درجة فيمرّ اذا بنقطتى المشرق والمغرب المفروضتين على سطح الافق واذا تصوّرنا تلك الدوائر على ابعاد واحدة بعضها عن بعض بقدر درجة أوخمس درجات اوأزيد من ذلك يمكن رسم مناظرها بالنسبة الى أحد القطبين بالكيفية الآتية

وذلك اننا نفرض الكرة (ىَ مَ ى م) شكل (٦٩) وعليها القطب الجنوبى (ىَ) والقطب الشمالى (ى) و (م) سمت الرأس و (مَ) سمت القدم ونرسم بالطريقة المتقدّم ذكرها منظر مدار الجدى (ع عَ) ومنظر سمت الرأس (مً) ومنظر أفق المحل (ىَ ح ىً) فمن حيث ان دوائر السموت تمرّ على سطح الكرة بالنقطتين (م) و (مَ) ويصنع بعضها مع بعض زوايا معينة فكذلك مناظرها تمر بمنظرى النقطتين (م) و (مَ) وهما (مً) و (مًّ) ومن حيث ان الخط (م مَ) يبين احدى الدوائر التى على سطح الكرة فمنظر هذه الدائرة يمر بنقطتى (مً و مًّ) فبتنصيف الخط (مً مًّ) ورسم القوس (ىَ مً ىً) يكون هو المنظر المذكور وحيث انه يمر بنقطتى المشرق والمغرب فهو اذا مبدأ السموت

ولرسم الدوائر الاخرى نقول حيث انها تصنع مع مبدا السموت زوايا معينة يكفى ان نقسم محيط مبدا السموت بالابتداء من نقطة (مًّ) الى أقسام مساوية لضعف مقدار الزاوية المعينة المفروضة ثم نصل من نقط التقاسيم (بَ بً بًّ .... وهكذا الى النقطة (مً) ونعين النقط (١ و ٢ و ٣ و ... وهكذا) الحادثة من تلاقى الخطوط (مً بَ) و (مً بً) و (مً بًّ) .... وهكذا بالخط (ب دَ) فتكون هذه النقط مراكز دوائر السموت وحيث ان نقطة (مًّ) مشتركة بين جميع هذه الدوائر فكل واحدة منها ترسم بنصف قطر يساوى البعد بين مركزها والنقطة (مًّ) المذكورة وقد اكتفينا فى الشكل برسم أقواس لهذه الدوائر على جانبى تلك النقطة

ولايضاح ذلك نقول ان الخطوط المماسة لجميع دوائر السموت التى يمكن فرض رسمها من نقطة (مًّ) يصنع بعضها مع بعض زوايا مساوية للزاوية الاصلية التى بين تلك الدوائر فاذا ابتدأنا برسم خط مماس لمبدا السموت من نقطة (مًّ) ثم رسمنا من هذه النقطة مستقيما يصنع مع ذلك الخط زاوية مساوية للزاوية التى بين دوائر السموت

ثم مستقيما آخر يصنع مع ذلك المستقيم زاوية مساوية للزاوية الاولى وهكذا لجميع هذه الخطوط تكون مماسة لدوائر السموت فى نقطة (مً) ثم اذا رسمنا من هذه النقطة خطوطا عمودية على تلك المماسات مثل (مً بَ) و (مً بً) و (مً بًّ) .... وهكذا نجد أنها تقطع الخط ب دَ فى النقط (١ و ٢ و ٣ و .... وهكذا) التى هى مراكز دوائر السموت وبطريقة أخرى حيث ان الزوايا المحيطية التى بين المماسات المذكورة مثل الزاوية (ب مً بَ) هى نصف الزاوية المركزية (مً ب بَ) فاذا قسمنا محيط مبدا السموت من نقطة (مً) الى أقسام مساوية لزاوية الدوائر المفروضة ثم وصلنا من نقط التقاسيم (بَ بً بًّ ... وهكذا الى مً) بخطوط مستقيمة تكون هذه الخطوط عمودية على المماسات المفروضة عند نقطة (مً) وتكون حينئذ مراكز دوائر السموت على الخطوط المذكورة وحيث انها أيضا على الخط (ددَ) العمود على (مً مًّ) فهى اذن على نقط تلاقى هذين الخطين (١و٢و٣و... وهكذا) وبهذه الطريقة يمكن ايجاد النقط (١َ ٢َ ٣َ .... وهكذا) على (ب د) أو يكفى أخذ الابعاد (ب ١َ) و (ب ٢َ) و (ب ٣َ) .... وهكذا مساوية للابعاد (ب ١) و (ب ٢) و (ب ٣) .... وهكذا وبذلك يتم رسم دوائر السموت وحيث ان المستعمل هو اجزاء المناظر التى فوق الافق اكتفينا برسم الاقواس المذكورة آنفا

ولرسم دوائر السموت بطريق الحساب نستخرج البعدين المركزيين (مً ں) و (ںمًّ) من المثلثين (مً ںَ ں) و (ں ںَ مًّ) القائمى الزاوية ولاجل ذلك نقول حيث ان

ں ںَ = ١ = نصف قطر معدّل النهار

مً ں ں = $\frac{١}{٢}$ (م ع ں) = $\frac{١}{٢}$ تمام عرض البلد

ں ںَ مًّ = $\frac{١}{٢}$ (ں ع مَ) = $\frac{١}{٢}$ (٩٠ + عرض البلد)

فلنا

مً ں = مماس (مً ںَ ں) = مماس $\frac{١}{٢}$ (تمام العرض) = البعد المركزى لسمت الرأس

مًّ ں = مماس (ں ںَ مًّ) = مماس $\frac{١}{٢}$ (٩٠ + عرض البلد)

$\frac{\text{مً ں + ںمًّ}}{٢}$ ــ مً ں = ں ب = البعد المركزى لمنظر دائرة مبدا السموت

فبعد تعيين البعد المذكور نأخذ من نقطة (ں) الخط (ں ب) مساويا لذلك البعد ومن نقطة (ب) وبنصف القطر (ب مً) نرسم الدائرة (مً ںَ مًّ بً ںً) فتكون

منظر دائرة مبـدا السموت ثم نرسم الخط (ى ىً) عموديا على (مً مً) وهو يحتوى على مراكز دوائر السموت الاخرى ونلاحظ أن للمثلثات (١ ب مً) و (٢ ب مً) و (٣ ب مً) . . . وهكذا ضلعا مشتركا معلوما وهو (ب مً) وانه يوجد بين زواياها الرأسـية ارتباط ثابت وهو أن زاوية المثلث الثانى وهى (ب مً ٢) تساوى ضعف زاوية المثلث الاول وهى (ب مً ١) التى هى عبارة عن الزاوية المفروضة بين دوائر السموت وان زاوية المثلث الثالث وهى (ب مً ٣) تساوى ثلاثة أمثال الزاوية المذكورة (ب مً ١) وان زاوية المثلث الرابع تساوى أربعة أمثال هذه الزاوية وهلم جرّا فبناء على ذلك لنا

١ ب = ب مً مماس (١ × الزاوية المفروضة)

٢ ب = ب مً مماس (٢ × الزاوية المفروضة)

٣ ب = ب مً مماس (٣ × الزاوية المفروضة)

. . . .

وهكذا

وبعد تعيين هذه الابعاد يكفى أخذها على الخط (ى ىً) من جانبى النقطة (ب)

القسم الرابع

(فى رسم خطوط الساعات الزمانية البلدية)

قسم المتقدمون كلا من الليل والنهـار الى اثنى عشر قسمـا أقساما متسـاوية سموا كلا منها ساعة زمانية فكانوا يعـدون ست ساعات من الصـباح الى الظهر ويستمرون فى العد الى اثنتى عشرة وقت المساء (*) ثم قسموا مدة دوران الشمس دورة واحدة الى

(*) من المحقق الآن أن الكلدانيين واليونان والرومانيين استعملوا بسائط الساعات الزمانية ١١٠٠ سـنة قبل الميلاد وكانوا يسمونها غومون ولم يعلم هل استعملت قبـل ذلك التاريخ أولا وقد نبغ فى سنة ١٢٣٠ ميلاديه المقابلة لسنة ٦٢٧ هجرية العالم المشهور أبو الحسن المراكشى وألف كتابه المسمى جامع المبادى والغايات فى علم الاوقات وبين فيه بكل اعتناء بسائط الساعات المذكورة بجميع أنواعها حتى جاء الى ذكر البسائط الزواليـة للساعات المستوية فقال (انها وان كانت غير لازمة لعدم استعمالها الا أنا نذكر منها طرفا) وبين رسم اثنتين منها أو ثلاث ولكنه لم يتعـرض بالمرة للساعات المسـتوية الغروبية فيعلم من ذلك ان المستعمل الى ذلك التاريخ انما هو الساعات الزمانية وان الساعات الزوالية كانت اخترعت قبله بقليل ولم تشتهر وقته وأما الساعات المستوية الغروبية فالظاهر انها اخترعت بعد هذا التاريخ ولم يعلم وقته . ولما كان استعمال البسائط انما هو نهارا ولم يمكن استعمالها لبيان ساعات الليـل اخترع الاقدمون الساعة الرملية فى سنة ٨٠٠ قبل الميلاد وبعد ذلك بمائتى سنة الساعة المائية فبواسطتهما أمكنهم تعيين ساعات الليل أيضا اهـ

أربعة وعشرين قسما أقساما متساوية وسموا كل قسم منها بالساعة المستوية فتكون ساعات الليل والنهار كلها متساوية بخلاف الساعات الزمانية فان ساعات النهار غير مساوية لساعات الليل بل ساعات يوم معلوم تختلف عن ساعات اليوم التالى له فاذا اريد معرفة درجات قوس الساعة الواحدة لاى يوم كان يلزم البحث عن درجات قوس نهار ذلك اليوم ثم تقسم الى أربعة وعشرين فالخارج يكون عدد الدرجات المطلوبة وكذلك يبحث عن درجات ليل ذلك اليوم وتقسم الى أربعة وعشرين فيكون الخارج عدد درجات احدى ساعات الليل وأما الساعات المستوية فلمعرفة درجاتها يلاحظ كما بينا ذلك فى محله أن الشمس تقطع ثلاثمائة وستين درجة فى كل دورة فبتقسيم هذا العدد الى أربعة وعشرين يكون الخارج خمس عشرة درجة وهو قيمة الساعة المسماة عند العرب بالساعة المستوية وهى المستعملة الى أيامنا فى آلات الساعات التى بين أيدى الناس

والساعات الزمانية المرسومة على صفائح الاسطرلاب تسمى بالساعات الزمانية البلدية لانها ترسم على كل صفيحة بالنسبة الى بلد معين وكيفية رسم خطوطها أن تقسم المدارات الثلاثة المرسومة تحت الافق شكل (٧٠) الى اثنى عشر قسما أقساما متساوية وذلك بالابتداء من دائرة الافق المذكور ثم من كل ثلاث نقط مشعرة لساعة واحدة ترسم أقواس دوائر تكون هى خطوط الساعات المطلوبة ثم يوضع عليها أرقام من الحروف الابجدية

(فى رسم الصفيحة الآفاقية)

(١٣٦) حيث ان ألواح المقنطرات اذا رسمت لعرض لايمكن استعمالها لسائر العروض واذا اريد اصطناع ألواح لجميع الجهات المسكونة يزيد حجم الاسطرلاب وثقله فلذلك ترسم بعض مقنطرات لبعض عروض معينة وتصنع معها صفيحة تسمى بالصفيحة الآفاقية يمكن استعمالها فى سائر الجهات ولايرسم على هذه الصفيحة المقنطرات ولا السموت بل يكتفى برسم المدارات الثلاثة والقطرين المتعامدين اللذين عليهما خط وسط السماء ووتد الارض وخط المشرق والمغرب شكل (٧١) ثم يرسم فى كل ربع جملة أنصاف آفاق أعنى الآفاق الشرقية ويكتب على كل منها العرض المقابل له

ولزيادة السهولة والايضاح ترسم الآفاق المذكورة فى كل ربع على أبعاد مساوية

لاربع درجات ولاجل ذلك يؤخذ قوس على مدار الجدى فى الربع الاول على بعد ٣٠° من خط المشرق والمغرب ويرسم افق بالقواعد التى سبق ذكرها آنفا فيما يتعلق برسم المقنطرات ثم يؤخذ قوس فى الربع الثانى على بعد ٣١° من خط وسط السماء ويرسم افق آخر ثم يؤخذ قوس فى الربع الثالث على بعد ٣٢° من خط المشرق والمغرب ويرسم افق ثالث ثم يؤخذ قوس فى الربع الرابع على بعد ٣٣° من وتد الارض ويرسم افق رابع ثم يؤخذ قوس فى الربع الاول على بعد ٣٤° من خط المشرق والمغرب ويرسم افق خامس فيكون بعده عن الافق الاول أربع درجات وهلم جرّا فبهذه الطريقة يمكن رسم عدة آفاق فى كل ربع منفصلة بعضها عن بعض بقدر أربع درجات ولعدم اختلاط الرسم يكتفى عادة برسم سبعة آفاق فى كل ربع فيكون المجموع ثمانية وعشرين افقا وبعد ذلك توضع أرقام العروض على النسق المذكور وعند استعمال أىّ أفق كان توضع الصفيحة بحيث ان نصف قطر الدائرة التى تقطعه يفرض خط المشرق

وحيث ان هذه الدوائر عبارة عن المقنطرات البعيدة عن سموت رؤسها بتسعين درجة يمكن رسمها بالطرق الحسابية التى تقدم ذكرها فيما يتعلق برسم المقنطرات

(فى رسم الصفيحة الموضعية)

(١٣٧) ان الموسيو ووبكه وضع رسالة على اسطرلاب وجده بكتبخانة برلين وفيه صفيحة سماها بالصفيحة الموضعية وهى كسائر ألواح المقنطرات عبارة عن تسطيح الكرة على مستوى معدّل النهار الا أنّ الدوائر المسقطة هى الدوائر العظمى المارة بقطبى السطح الرأسى الاول للبلد أى دائرة مبدا سموته

ومن المعلوم ان السطح الرأسى الاول المذكور عبارة عن سطح الدائرة المارة بسمت الرأس وسمت القدم وبنقطتى الاعتدالين المفروضتين على الافق أعنى أول دائرة سمتية عمودية على سطح نصف النهار وقطباها هما نقطتا تلاقى خط نصف النهار بدائرة الافق فمن حيث ان دائرة نصف النهار ودائرة الافق تمرّان بالقطبين المذكورين فهما اذن من ضمن الدوائر العظمى التى يلزم اسقاطها وهما يقسمان الكرة الى أربعة أقسام متساوية كما لا يخفى

وكانت علماء العرب تقسم كل قسم من هذه الاقسام الاربعة الى ثلاثة أقسام متساوية وذلك برسم اثنى عشرة دائرة عظمى مارّة بقطبى السطح الرأسى الاول

المذكور محصور بين كل اثنتين منها ثلاثون درجة وذلك بالابتدا من سطح دائرة الافق فتنقسم الكرة السماوية الى اثنتى عشرة خانة متساوية سماها المنجمون بالبيوت الاثنى عشر

ويرى فى بعض الصفائح دوائر أخرى مرسومة فى هذه الخانات يبعد بعضها عن بعض بقدر خمس درجات أوعشر

ولاجل رسم جميع الدوائر المذكورة يبتدأ برسم المدارات الثلاثة ثم تتبع القواعد التى تقدمت فيما يتعلق بدوائر السموت فيقال ليكن مثلا (ن و نَ) شكل (٧٢) القطب الشمالى والقطب الجنوبى و(ب ح) السطح الرأسى الاول للبلد و(ى و هـ) قطبيه فيكون (ى هـ) هو الافق فاذا نظرنا من نقطة (نَ) الى النقطة (ى) ثم الى النقطة (هـ) نجد منظرى هاتين النقطتين فى (م و مَ) وبتنصيف البعد بينهما وبرسم الدائرة (م مَ) يحدث منظر دائرة الافق ثم نقسم بعد ذلك محيط تلك الدائرة الى أقسام مساوية لضعف الزوايا المفروضة بين الدوائر العظمى المطلوب رسم مناظرها ونصل من نقط التقاسيم الى المركز (م) بخطوط مستقيمة تلاقى خط (ے ک) فى جملة نقط فنجعل كلا منها مركزا ونرسم أقواس دوائر بانصاف أقطار مساوية للابعاد التى بينها وبين النقطة (م) فتكون هذه الاقواس هى المناظر المطلوبة وقد ميزنا فى الشكل حدود البيوت الاثنى عشر عن سائر الاقواس برسم الاول بخطوط غليظة ورسمنا الاقواس الاخرى على بعد خمس وعشرين درجة هذا وقد لايرى فى بعض الصفائح الا اجزاء هذه الاقواس المحصورة بين المدارين فقط وفى أخرى ترى مرسومة بتمامها على سطح الصفيحة

وقد ذكر أبو الحسن فى كتابه صفيحة اسمها صفيحة التسيير مرسوما عليها دوائر عظمى مارة بقطبى السطح الرأسى الاول وبكل درجة من درجات معدل النهار ولم يعلم لاى شئ كانت تستعمل ولكن بمقارنتها بالصفيحة الموضعية السالف ذكرها يرى أنها تختلف عنها اختلافا يسيرا فلذلك نظن انها نوع مخصوص من الصفيحة الموضعية وكان بعض المنجمين يستعملونها فيما يختص بالبيوت الاثنى عشر كما ان البعض الآخر كانوا يستعملون الصفيحة الموضعية المذكورة

وأما كيفية رسمها فهى ان مراكز مناظر الدوائر المتقدم ذكرها موجودة على الخط (ے ک) شكل (٧٢) وهذه المناظر تقسم خط الاستواء الى اثنى عشر قسما أقساما

متساوية وتمر بنقطتى (م و مَ) وحينئذ يكفى ان نقسم مدار رأس الحمل والميزان أى منظر دائرة معدّل النهار الى اثنى عشر قسما أقساما متساوية ونرسم قوسا مارا بكل نقطة من نقط التقاسيم وبالنقطتين (م و مَ) فتحدث الاقواس التى ترسم على صفيحة التسيير هذا ولك برهان على ان الرسم صحيح فى كون مركز كل قوس من الاقواس المارة بالنقط الثلاث (م و مَ) واحدى نقط التقاسيم موجودا على خط (ے ک)

(فى كيفية رسم العنكبوتة)

(١٣٨) العنكبوتة كما تبين فى المادة (١٣٣) تتركب من جزأين احدهما مايسمى شظايا الكواكب وهى قطع تبين مواضع بعض الكواكب الثابتة وثانيهما منظر دائرة البروج وبعبارة أدق العنكبوتة خريطة منظرية للكرة السماوية مرسومة على سطح معدّل النهار بفرض نقطة البصر عند القطب الجنوبى

ولرسم منظر دائرة البروج تتبع نفس القواعد التى تقدّم ذكرها فنرسم أوّلا المدارات الثلاثة شكل (٧٣) على الوجه المبين فى القسم الاول فى المادة (١٣٥) ثم نرسم دائرة البروج (ء هـ) الصانعة مع خط الاستواء زاوية تساوى ثلاثا وعشرين درجة وثمانيا وعشرين دقيقة وثلاثين ثانية ولاجل ذلك يكفى أن يكون محور الدائرة المذكورة وهو (م مً) مائلا على محور العالم (ن نَ) بهذا المقدار ثم نفرض بعد ذلك نقطة البصر فى القطب الجنوبى (نَ) وينظر منها الى نقطتى دائرة البروج (ء و هـ) ويعين مناظرهما (ءَ و هـَ) ثم من نقطة (ع) وهى منتصف البعد (ءَ هـَ) وبنصف قطر يساوى (ع ءَ) ترسم الدائرة (ءَ نَ هـَ نً) فتكون هى منظر دائرة البروج المطلوب ويمكن تعيينه بطريق الحساب أيضا كما ذكر فى محله

هذا ويتحقق من صحة الرسم بكون الدائرة المذكورة لابدّ أن تمر بنقطتى الاعتدالين (نَ و نً) وتمس مدارى الجدى والسرطان فى (ءَ) و (هـَ) ولاجل تعيين درجات البروج يلزم رسم مناظر دوائر الاطوال التى على الكرة السماوية فنقط تقاطعها بمنظر دائرة البروج تكون هى الدرجات المذكورة

(فى تعيين الدرجات بواسطة دوائر الاطوال)

دوائر الاطوال هى الدوائر العظمى التى تمر بمحور دائرة البروج ومبدؤها الدائرة المارة بنقطتى الاعتدالين فلنفرض المبدأ المذكور فى (مً مَ) شكل (٧٣) فاذا أردنا ايجاد

منظره

منظره نرسم الخطين الشعاعيين (نَ مَ) و (نَ مً) ونمدهما الى ان يلاقيا الخط (م ل) ومن نصف هذا الخط وبالبعد (ل م) نرسم الدائرة الكبيرة المرسومة فى الشكل وهى بالضرورة تمر بنقطتى (نَ و نً) ويكون ذلك امتحانا لصحة الرسم وليلاحظ ان نقطة (مً) تقرب جدا من نقطة (نَ) وبسبب ذلك لابد أن يقع خطأ فى رسم الخط الواصل بين هاتين النقطتين ولهذا رأينا ان نذكر طريقة أخرى لاجل تعيين مركز الدائرة (ل) فنقول ان هذه الدائرة تمر بالنقط الثلاث (نَ وم ونً) وبواسطتها يمكن تعيين المركز المذكور بالطريقة المشهورة فى الهندسة العادية وهناك طريقة أخرى وهى ان يرسم المنظر المطلوب بالطريقة الحسابية التى تقدم ذكرها فى القسم الثالث فى المادة (١٣٥) فيما يختص برسم منظر دائرة مبدا السموت وبعد تعيين المركز (ل) يرسم منه الخط (ى ىَ) عموديا على خط (ذَ ل) ويقسم محيط الدائرة المذكورة الى أقسام مساوية لضعف الزاوية المفروض وجودها بين دوائر الاطوال ثم توصل نقطة التقاسيم الى المركز (م) بخطوط مستقيمة وتعين نقط تلاقيها بالخط (ى ىَ) مثل (ح و حَ) فتكون هذه النقط مراكز دوائر الطول ثم يوضع طرف أحد ساقى البركار على كل واحد من هذه المراكز وطرف الساق الآخر على نقطة (م) ويحرك هذا الساق الى ان يمر طرفه بمحيط منظر دائرة البروج فى نقط يصير تعيينها وتكون هى الدرجات المطلوبة ويمكن أيضا رسم دائرة أخرى موازية لدائرة البروج كما ترى فى الشكل وتعين الاقواس الصغيرة التى بين المحيطين فتدل على الدرجات بدلا من النقط المذكورة

وقد قسمنا الدائرة الكبيرة التى فى شكلنا الى ستة أقسام متساوية فتكون المراكز التى تعينت على الخط (ى ىَ) هى مراكز مناظر دوائر الطول التى على الكرة السماوية الحاصرة فيما بين كل اثنين منها ثلاثين درجة وهذه المناظر تعين على دائرة البروج الاثنى عشر برجا فيلزم كتابة اسم كل برج فى محله ولو كنا قسمنا محيط الدائرة الكبيرة الى أقسام مساوية لدرجتين فقط بدلا من ست درجات لوجدنا مراكز الدوائر التى تقسم محيط دائرة البروج الى ثلثمائة وستين قسما كل قسم يساوى درجة واحدة

هذا ويستحسن تعيين المراكز التى على خط (ى ىَ) بالطريقة الحسابية المذكورة فى القسم الثالث فى المادة (١٣٥) اذ تكون نتيجة العمل أقرب من الصحة

واذا كانت مطالع الدرجات معلومة يمكن رسمها بالمنقلة على قوس معدّل النهار بالابتداء من مبدا المطالع وهو أول الحمل ثم يوصل منها الى المركز (ن) بخطوط مستقيمة وتمد على استقامتها الى ان تلاقى منظر دائرة البروج فى نقط تكون هى نقط الدرجات المطلوبة

فاذا علمت مطالع ١٨٠° يوصل من النقط التى تتعين على نصف معدّل النهار الى المركز (ن) بخطوط مستقيمة فتحدد الدرجات التى على نصف دائرة البروج ثم بتمديد تلك الخطوط تتعين الدرجات الاخرى ويتم حينئذ تعيين جميع درجات دائرة البروج ولا يخفى ان الخطوط المذكورة انما هى عبارة عن مناظر دوائر الميل

(تنبيه) سيتضح فى الفصل الثانى ان الآلة المسماة بربع المقنطرات ترسم عليها دائرة البروج على هيئة نصف دائرة والنصف الآخر على هيئة منحن منكسر وقد رأينا من المناسب ان نشرح ذلك هنا فنقول

لنفرض قطر دائرة البروج (دَ هـَ) شكل (٧٣) ثابتا ولنحرك حوله نصف الدائرة (دَ نَ هـَ) بقدر مائة وثمانين درجة فالنصف المذكور ينطبق ضرورة بالضبط على النصف الآخر (دَ نً هـَ) فيقع برج القوس على برج الجدى والعقرب على الدلو والميزان على الحوت والسنبلة على الحمل والاسد على الثور والسرطان على الجوزاء بحيث ان ابتداء كل برج ينطبق على انتهاء البرج الواقع عليه وتحسب الدرجات حينئذ طردا وعكسا ثم اذا فرضنا الخط (ن نً) ثابتا ودورنا حوله الشكل (ن هـَ نً) بقدر مائة وثمانين درجة أيضا فانه يأخذ الموضع (ن ط نً) ويقع القوس (هـَ نً) فى (ط نً) ويمكن حينئذ بيان جميع درجات دائرة البروج على المنحنى المنكسر (ط نً دَ)

وكيفية اجراء التدوير الثانى المذكور ان نأخذ البعد (ن عَ) مساويا للبعد (ع ن) بفرض (ع) مركز دائرة البروج ثم نجعل نقطة (عَ) مركزا ونرسم القوس (نً ط) بنصف قطر يساوى (عَ نً) فيكون هو موضع القوس (هـ نً) بعد تدويره حول (ن نً) ويرى بسهولة ان ذلك القوس يمس مدار السرطان فى نقطة (ط) فاذا أريد تعيين درجات البروج التى على هذا القوس نقول ان (دَ نً) يحتوى على درجات ستة بروج منطبق بعضها على بعض اثنين اثنين أى على درجات ثلاثة بروج فاذا وصلنا هذه الدرجات الى المركز (ن) فخطوط الوصل تقطع القوس (ط نً)

على

على درجات البروج المفروضة على نفس هذا القوس وهى ستة أيضا منطبقة اثنين اثنين بعضها على بعض

(فى كيفية رسم شظايا الكواكب)

من المعلوم أنه اذا أريد نقل نقطة من الفراغ على خريطة يكفى ان يفرض خطان متقاطعان فى تلك النقطة ثم يرسم هذان الخطان على الخريطة فنقطة تقاطعهما تكون هى موضع النقطة على الخريطة وبهذه الطريقة يمكن رسم الكواكب على أىّ سطح مفروض ولهذا يكفى معرفة عروضها وأطوالها أما العرض فيحسب كما لايخفى على الدائرة المارة بالكوكب موازية لدائرة البروج والطول يحسب على الدائرة العظمى المارّة بالكوكب وبقطبى الدائرة المذكورة وهاتان الدائرتان تتقاطعان فى محل الكوكب فلنقل كوكب على خريطة يكفى اذن ان نرسم منظرى هاتين الدائرتين على تلك الخريطة بالطرق المتقدمة فتكون نقطة تقاطعهما هى الموضع المطلوب فاننا متى علمنا مقدار عرض الكوكب المفروض شماليا كان أوجنوبيا نرسم دائرة العرض المقابلة لذلك المقدار بحيث انها تكون موازية لدائرة البروج (ى هـ) شكل (٧٣) ثم نعين منظرها بالنسبة الى نقطة البصر (ىَ) وكذلك يفرض معرفة مقدار طول الكوكب المذكور فانا نجد مركز دائرة الطول المقابل له على خط (ك كَ) المحتوى على مراكز جميع دوائر الطول مع ملاحظة أنه ان كان الطول المفروض تسعين درجة أوأقل فمركز دائرته يوجد على (ل ك) وان كان أعظم من تسعين درجة وأقل من مائة وثمانين درجة يوجد المركز على (ل كَ) وان كان أعظم من مائة وثمانين درجة وأقل من مائتين وسبعين يكون على (ل ك) واذا كان أعظم من مائتين وسبعين الى ثلثمائة وستين يكون على (ل كَ)

والحاصل انه متى علم طول الكوكب يؤخذ على محيط الدائرة (ل) بالابتداء من طرف نصف القطر (ل ص) قوس على يمين الطرف المذكور مساو لذلك الطول ويوصل من طرف هذا القوس الى نقطة (م) بخط مستقيم فيقطع الخط (ك كَ) فى نقطة تكون هى مركز منظر دائرة الطول المطلوبة أما منظر دائرة العرض فنرسمها بالطريقة التى استعملناها لرسم مناظر المتمطرات ونعين بعد ذلك نقطة تقاطع منظر دائرة العرض هذه ومنظر دائرة الطول وتكون هى شظية الكوكب المبحوث عنها

فبعد رسم دائرة البروج وشظايا الكواكب التى تسمى أيضا مرى الكواكب على صفيحة الاسطرلاب بالطرق المتقدمة يلزم اخلاء أجزاء الصفيحة التى لم يقع عليها رسوم مع ابقاء خوارج دقيقة تدل أطرافها على شظايا الكواكب وجميع هذه الاجزاء تكون مرتبطا بعضها ببعض فتسمى حينئذ بالعنكبوتة أو الشبكة

هذا ويعلم من جميع ماتقدم ان الرسوم التى يلزم عملها على صفائح الاسطرلاب عبارة عن تسطيح نصف الكرة على سطح معدّل النهار ولكن من حيث ان مدارى الانقلابين ومعدّل النهار تمر بنصف الكرة الآخر فانه يمكن رسم بعض الكواكب التى فى المناطق التى تعينها الدوائر المذكورة فى النصف المذكور

مثلا عند ما تسطح قطعة الكرة التى على شمال مدار الجدى يمكن رسم الكواكب التى ميولها الجنوبية تكون مساوية لميل الشمس الاعظم

ومن حيث ان الكواكب كثيرة العدد فى كل قطعة من الكرة السماوية ولا فائدة فى تعيينها كلها فضلا عن عدم امكان ذلك فيتعين انتخاب مايسهل معرفته منها ويمكن استعماله وقت الحاجة ولا سيما فى السياحات البحرية وقد حصر علماء العرب تلك الكواكب فى عشرين أو أربعين كوكبا من القدر الاول والثانى ورسموها على الاسطرلاب مع اسم كل منها

ودونك جدولا يحتوى على أسماء الكواكب المرسومة على عنكبوتة الاسطرلاب المحفوظ بكتبخانة برلين الذى شرحه وويكه فى رسالة المانية العبارة

١	بطن قيطوس	ζ	Ceti.
٢	رأس الغول	β	Persei.
٣	العيوق	α	Aurigæ.
٤	الدبران (وهو عين الثور)	α	Tauri.
٥	رجل الجوزا	β	Orionis.
٦	منكب الجوزا	α	Orionis.
٧	الشعرى العبور	α	Canis majoris.
٨	الشعرى الغميصا	α	Canis minoris.
٩	يد الدب	ι	Ursæ majoris.
١٠	مقدم الذراعين	κ	Cancri.
١١	النير من كواكب الشجاع	α	Hydræ.
١٢	قلب الاسد	α	Leonis.
١٣	ركبة الدب	ψ	Ursæ majoris.
١٤	جناح الغراب	γ	Corvi.
١٥	السماك الاعزل	α	Virginis.
١٦	نعش	η	Ursæ majoris.
١٧	السماك الرامح	α	Bootis.
١٨	عنق الحية	α	Serpentis.
١٩	قلب العقرب	α	Scorpis.
٢٠	النير من الفكة	α	Coronæ.
٢١	رأس الحوا	α	Ophiuchi.
٢٢	النسر الواقع	α	Lyræ.
٢٣	النسر الطائر	α	Aquilæ.
٢٤	ذنب الدلفين	ε	Delphini.
٢٥	الردف	α	Cygni.
٢٦	ذنب الجدى	α	Capricorni.
٢٧	منكب الفرس	β	Pegasi.
٢٨	الكف (الخضيب)	β	Cassiopejæ.
٢٩	ذنب قيطوس (الشمالى)	ι	Ceti.

أما الاسطرلاب المحفوظ بالكتبخانة السلطانية فى مهندخانة دار السعادة صناعة محمد ابن فتوح فى سنة ستمائة وثلاث عشرة وهو الذى بيناه فى نمرة ٦٤ و ٦٥ و ٦٦ من أشكالنا فشبكته مرسوم عليها شظايا أربعة وعشرين كوكبا وأسماؤها مكتوبة باللغة اللاتينية

(فى رسم خطوط مغيب الشفق والفجر على ألواح المقنطرات)

(١٣٩) يدخل وقت صلاة المغرب عند الائمة الاربعة رحمهم الله حينما تكون الشمس تحت الافق بعد غروبها بدرجة واحدة ويعلم ذلك بطلوع ظلمة الليل فى جهة الشرق أما العشاء فعند الامامين يدخل وقتها بمغيب الشفق الاحمر الذى يعقب غروب الشمس وعند الامام الاعظم بمغيب الشفق الابيض الذى يلى الشفق الاحمر والفجر هو وقت ابتداء النهار ويدل على انقضاء الليل وحيث ان تعيين هذه الاوقات من أمور الدين المهمة فلنبين آراء علماء الاسلام المتقدمين بالنسبة للخطوط المبينة لهذه الاوقات فنقول

اننا قد اطلعنا على كتابين فى هذا الموضوع أحدهما كتاب جامع المبادى والغايات لابى الحسن على الذى ترجمه (الموسيو سه ديللو) الى اللغة الفرنساوية والآخر رسالة على الدر المنثور (١) تأليف سه ديللو بن المترجم المذكور قال أبو الحسن مامعناه « الشفق عند الامام مالك والامام الشافعى هو الاحمرار الذى يبقى جهة الغرب بعد غروب الشمس والفجر هو البياض الذى يظهر قبل شروق الشمس فى جهة الافق الشرقية وهذان اللونان ناشئان عن انعكاس أشعة الشمس على الكرة الارضية

« وفى بعض جهات الكرة الارضية يبقى الاحمرار المذكور ظاهرا مدة الليل ولكنه

---

(١) هو الدر المنثور فى العمل بربع الدستور ألفه الامام العالم العلامة أبو عبد الرحمن عبد الله المارديني الشافعى بناء على التماس صاحب دواوين الانشاء بالديار المصريه ابن اليمن فتاح الدين وقد شرحه الامام العالم العلامة شهاب الدين أحمد بن رجبة طنبغا المجدى الشافعى فى كتاب يحتوى على ثلثمائة صحيفة واثنتين وهو عربى العبارة وقال سه ديللو فى رسالته انه موجود فى كتبخانة باريس بنمرة ١١٠٣
وكان للمارديني المشار اليه سبط اسمه محمد بن محمد بن أحمد وكان ميقاتى الجامع الازهر فى مصر ففى سنة ألف ومائة وثمانية وعشرين ألف كتابا عربيا فى ربع الدستور ولكن لا يعلم أهذا التاريخ هو تاريخ التأليف أم تاريخ التبييض فان كان تاريخ التأليف فتاريخ تأليف الدر المنثور يكون سنة ألف وخمسين تقريبا

غير ثابت فى محل واحد فيرى منتقلا من الغرب الى الشرق وفى جهات اخرى يبقى ظاهرا مدة جزء من الليل وتختلف هذه المدة بالنسبة الى انتقال الشمس على مداراتها اليومية والى عروض البلاد

„ أما تعلقها بانتقال الشمس فلان الشمس كلما قربت من خط الاستواء تنقص مدة الشفق وكلما بعدت عنه وقربت من أحد الانقلابين تزيد المدة المذكورة وفى البلاد التى عروضها شمالية اذا كانت الشمس على المدارات الشمالية تكون تلك المدة أعظم مما تكون عند ما توجد الشمس على المدارات الجنوبية وعكس ذلك يكون فى البلاد التى عروضها جنوبية

„ وأما تعلق مدة الشفق بعروض البلاد فلانها تكون قصيرة فى البلاد التى عروضها صغيرة وطويلة فى البلاد التى عروضها عظيمة وأما البلاد التى عرضها صفر وهى التى على خط الاستواء فحيث ان الشمس فى يوم حركتها على معدل النهار تحتاج الى ساعة وأربع دقائق لتغيب تحت الافق بقدر ١٦° فاقصر مدة الشفق على سطح الارض تكون هنالك وتساوى حينئذ ساعة وأربع دقائق

„ والمدة التى بين طلوع الفجر وشروق الشمس هى أعظم من المدة التى بين غروبها ومغيب الشفق لان احرار الشفق يبتدئ عند مايكون بين الشمس والافق الشرقى قوس من دائرة السمت يساوى ١٦° ولكن هذا الاحرار لايظهر الا بعد مغيب البياض الذى يتقدمه وابتداء هذا البياض هو حين وجود الشمس بالقرب من الافق الشرقى المذكور بقدر ٢٠° فهذا هو ابتداء الفجر (أى ذلك البياض)

وعلى ذلك اذا كان فى بلد غاية ارتفاع درجة الشمس فيه (١) أقل من مقدار الشفق المتقدم ذكره فلا يكون لشفق تلك الليلة انتهاء ولايوجد اذن فجر واذا كان غاية الارتفاع المذكور أقل من المقدار الذى وجد للفجر فلا يكون هنالك ابتداء فجر

وقال شارح الدر المنثور : „ الشفق هو الاحرار الذى يبقى فى جهة الافق الغربية بعد غروب الشمس والفجر هو البياض الذى يظهر فى آخر الليل فى جهة الشرق وهاتان الظاهرتان السماويتان ناشئتان عن دخول أشعة الشمس فى الابخرة التى تصعد من سطح الارض وقد اختلفت العلماء فى تعيين مدة كل منهما

(١) القصد من درجة الشمس هو درجة أحد البروج التى تكون عليها الشمس

،، فقال المتقدمون بغيب الشفق متى كانت الشمس تحت الافق الغربي بقدر ثمان عشرة درجة و يحسب هذا البعد على الدائرة المارة بالشمس و بقطبي دائرة الافق ويتم الليل فيبتدئ الفجر حينما تكون الشمس تحت الافق الشرقي بقدر ثمان عشرة درجة أيضا وأما المتأخرون فقد اختلفت آراؤهم

،، فقال أبوالحسن على المراكشى ومن تابعه كابن سمعون والمزى وغيرهما يغيب الشفق متى كانت الشمس تحت الافق الغربي بقدر ست عشرة درجة و يبتدئ الفجر حينما تكون الشمس تحت الافق الشرقي بقدر عشرين درجة

،، وقال الشيخ الامام الفاضل علاء الدين الشهير بابن الشاطر ومن تبعه كالنصير الطوسى والمؤيد العرضى وابن ريحان البيرونى وابن الوفا البوزجانى وغيرهم من أئمة الرصد والهيئة ان وقت أكثر اللمعان (٢) يكون عند ما تكون الشمس فى ١٨° ووقت أقل اللمعان (٣) يكون عند ما تكون الشمس فى ٢٠° وفى الحقيقة يختلف ذلك بالنسبة لعرض المحل وصفاء الهواء وكدورته وكثرة الابخرة وقلتها ووجود القمر وعدم وجوده وضعف بصر الراصد وشدته

،، فعلى مذهب المؤسسين لحقائق هذا العلم كالعلماء المتقدم ذكرهم والشيخ شمس الدين بن العتروبى وابن الطاهر يكون مغيب الشفق فى ١٨° وظهور الفجر فى ١٩° اه

وقد اطلعنا فى بعض الكتب الافرنجية على ان الحازن (٤) استنتج من انكسار الضوء بفرض ظهور الفجر فى ١٩° ان ارتفاع الهواء المحيط بالكرة الارضية يعادل اثنين وخمسين ألف قدم

وما تقدم هو رأى المتقدمين فى الشفق والفجر وعند بعض أهل هذا العصران الشفق يدوم الى الدرجة الثامنة عشرة ولذلك قلنا فى رسم البسائط ان الشفق ينتهى حينما تكون الشمس تحت الافق بثمان عشرة درجة فيدخل اذ ذاك وقت صلاة العشاء

---

(٢) و يقال له وقت الاسفار

(٣) و يقال له وقت الغلس

(٤) الحازن المذكور هو أبوعلى الحسن بن الحسين ولد فى البصرة وبعدما كان ذا جاه واعتبار عند خليفة مصر مات فقيرا سنة ٤٣٢ هجرية وله كتاب فى الضوء أوضح فيه مسائل الانكسار بأكمل ايضاح

ويعلم مما تقدم ان تعيين مدة الشفق مفيد فى معرفة وقت صلاة العشاء وهذه الفائدة لاتوجد اليوم فى تعيين وقت الفجر نعم ان علماء الاسلام كانوا الى القرن السابع أو الثامن من الهجرة النبوية يرسمون على آلاتهم الرصدية كالاسطرلاب وغيره خطوط الفجر وألفوا فى ذلك كتبا ورسائل عديدة ولكن كان ذلك مبنيا على اعتبارهم وقت الامساك عند ابتداء الفجر ولهذا لم يرسموا على آلاتهم خطوطا أخر للامساك

ولاشك انهم كانوا مصيبين فى هذا الاعتبار كما يظهر من نص الآية الشريفة (وكلوا واشربوا حتى يتبين لكم الخيط الابيض من الخيط الاسود من الفجر) حيث حدّد وقت التناول بتميز الخيط الابيض من الخيط الاسود وظاهره انه ليس القصد من ذلك وقت الامساك بل وقت الفجر أى وقت ظهور أول بياض يعقب ختام الليل وبعبارة أخرى القصد منها صيرورة خط تلاقى الافق الشرقى بسطح السماء أبيض بسبب ظهور الفجر بعد ما كان اسود بسبب ظلام الليل ولكن جرت العادة عند المتأخرين ان يعتبروا وقت الامساك عند ماتكون الشمس تحت الافق الشرقى بقدر احدى وعشرين درجة ونصف درجة محسوبة على محيط دائرة سمت المحل أى دائرة ارتفاعه وحيث ان الفجر يبتدئ فى تسع عشرة درجة يكون وقت الامساك متقدما عند المتأخرين على وقت الفجر بدرجتين ونصف درجة أى بقدر اثنتى عشرة أوثلاث عشرة دقيقة زمانية تقريبا وتسمى فى اصطلاحهم بالتمكين والقصد منها زيادة الاحتياط فى ضبط وقت الامساك فلهذا السبب متى رسم خط الامساك على الآلات الرصدية لايحتاج الامر الى رسم خط الفجر عليها وقد جرينا على ذلك فى بسيطة اليد المتقدم ذكرها حيث رسمنا خط الامساك تحت الافق بقدر احدوعشرين درجة ونصف درجة ولم نرسم للفجر خطا مخصوصا بل اكتفينا بتسمية خط الشفق المرسوم تحت الافق بقدر ثمان عشرة درجة خط الفجر وصلاة العشاء

واذا أراد مريد رسم خط الفجر على الاسطرلاب ولم يكتف برسم خط الشفق فالامر سهل لانه مهما كان المدار اليومى الذى تكون فيه الشمس فانا اذا رسمنا تحت الافق بقدر سبع عشرة درجة دائرة موازية له فعند وصول الشمس الى هذه الدائرة بعد الغروب يدخل وقت ختام الشفق واذا رسمنا دائرة أخرى على بعد 19° من الافق فعند وصول الشمس اليها قبل الشروق يدخل وقت ابتداء الفجر ولرسم الخطين المذكورين يكفى فيه تطبيق الطريقة المذكورة فى المادة (١٣٥) لرسمهما على المقنطرات بحيث

ان أحدهما يكون تحت الافق الغربي بقدر ١٧° والآخر تحت الافق الشرقي بقدر ١٩°
ويمكن الاكتفاء عن رسمهما برسم قوسيهما المحصورين بين كل من مدار السرطان ومدار الجدى

هذا ويمكن رسمهما من فوق الافق أيضا ولكن فى هذه الحالة تتغير كيفية استعمالهما

(فى كيفية رسم خطوط العصر وآخر العصر والظهر)

(١٤٠) قد ذكرنا فى المادة (١٣٠) خط العصر وخط آخر العصر المرسومين على صفيحة الاسطرلاب بين خطوط الساعات الزمانية البلدية ونقول الآن ان هذين الخطين يبينان العصر الاول والعصر الثانى اللذين أسلفنا القول فيهما فى المادة (٨٩)

فاذا أريد رسمهما نقول ان لذلك طريقتين احداهما أن يحسب بعد الزوال الساعات والدقائق التى يدخل فيها كل واحد من الوقتين المذكورين أى يعين فضل الدائر لكل منهما والاخرى ان يبحث عن ارتفاع الشمس المقابل لكل من هذين الوقتين

فبالطريقة الاولى المذكورة تحسب أوقات دخول العصر الاول فى الايام التى تكون فيها الشمس على مدار السرطان ومدار الجدى وخط الاستواء مثلا ثم تضرب هذه الاوقات فى ١٥ لتحويلها الى كميات قوسية فيؤخذ على مدار السرطان القوس (ص س) شكل (٧٠) مساويا للكمية المقابلة له وعلى مدار الجدى القوس (ن ر) مساويا للكمية المقابلة له وعلى مدار الحمل القوس (ع ط) مساويا للكمية المقابلة له ثم توصل النقط (س ط ر) بخط منحن يكون هو قوس العصر الاول المطلوب ويمكن أيضا رسمه فى ربع الدائرة المقابل (ف ف) ولاجل ذلك نأخذ فيه الاقواس (صَ سَ) و (نَ رَ) و (عَ طَ) ونرسم المنحنى (صَ طَ رَ) فيكون هو الخط المطلوب ولزيادة الضبط فى رسم هذا المنحنى يستحسن تعيين نقط أخرى سوى النقط الثلاث (س ط ر) أو (سَ طَ رَ) ولاجل ذلك ترسم مدارات أخرى كالمدارات المقابلة لاوائل البروج ويبحث عن وقت العصر فى كل يوم من تلك الايام ويجرى العمل كما ذكر فاذا فرضنا مدار ابتداء برج الدلو أو القوس فى (م مَ مً) مثلا نأخذ القوس (م مَ) مساويا للدرجات المقابلة لوقت العصر فى ذلك اليوم

فتكون

فتكون نقطة (مَ) من ضمن النقط التى يمر بها المنحنى (س ط ر) وقس على ذلك

ويمكن أيضا اجراء هذه العملية فى الربع (رَ فَ) لتعيين المنحنى (سَ طَ رَ) كما تقدم وبنفس هذه الطريقة يمكن رسم قوس العصر الثانى (ف مً طً س) أو (سَ فَ)

وبالطريقة الثانية يبحث عن ارتفاع الشمس وقت أحد العصرين بالكيفية المشروحة فى المادة (٨٩) ثم ترسم المدارات الثلاثة مع غيرها على سطح الصفيحة ويؤخذ على كل مدار الارتفاع المقابل له فتحدث نقط عديدة يضم بعضها الى بعض بخط منحن فيكون هو قوس العصر المفروض وبالبحث عن الارتفاعات فى وقت العصر الآخر يرسم قوسه بهذه الكيفية أيضا

هذا وأما وقت الظهر الشرعى فهو وقت مرور الشمس بخط الزوال ولكن رأينا ان الاسطرلابات التى صنعت قبل خمسمائة أو ستمائة سنة تحتوى على خط مسمى بخط الظهر يوجد مابين وتد الارض وخط العصر الاول مع انه كان يلزم وضع هذا الاسم على الوتد المذكور أو على خط وسط السماء كما يفهم ذلك من التعريف اذلا يفهم لذلك الخط معنى سوى كونه يدل على ان المسافة التى بين وتد الارض وخط العصر الاول تختص كلها بصلاة الظهر

(فى أعداد الظل وقامة الظل)

(١٤١) ان العرب من قديم الزمان استعملوا الظل المنكوس والظل المبسوط وهما مانسميهما اليوم بالمماس وتمام المماس وأمكنهم بواسطتهما حل مسائل عديدة وقد أوردوا فيهما تعريفات نفيسة وايضاحات دقيقة لخصنا منها ماسنذكره وهو

انه لايحدث ظل الا بوجود جسم فلو فرضنا شاخصا قائما على سطح مستو فهذا الشاخص يمنع وقوع أشعة الشمس على مقداره من ذلك السطح ويحدث حينئذ ظل يسمى اصطلاحا باسماء مختلفة تبعا لاختلاف وضع الجسم فان كان الشاخص عموديا على سطح الافق فظله عليه يسمى بالظل المبسوط (تمام المماس) وهو يزيد كلما نقص ارتفاع الشمس وينقص كلما زاد الارتفاع واذا وضع الشاخص عموديا على سطح عمودى على الافق فظل الشاخص على هذا السطح العمودى يسمى بالظل المنكوس (المماس) وطوله يزيد بزيادة ارتفاع الشمس وينقص بنقصان ارتفاعها

ومتى كانت درجة الشمس خمسا وأربعين يكون كل من الظلين مساويا لطول الشاخص المفروض وأما اذا كانت فى درجات اخرى فيختلف كل واحد منهما عن طول الشاخص ولاستخراج طول الظل بواسطة الآلات فرضوا للشاخص طولا معينا سموه قامة الظل أو القامة المفروضة

وتقدير القامة المفروضة اما على نفس الآلة واما فى ذهن الحساب وتنقسم الى اثنى عشر قسما أقساما متساوية يسمى كل قسم منها اصبعا أوالى سبعة أوستة أقسام وثلث يسمى كل واحد منها قدما أوالى ستين قسما تسمى أجزاء وفى أكثر الآلات يوجد هذا التقسيم الى ستين اه

ولنكتف بهذه الايضاحات ونبحث الآن عن كيفية رسم الظلال على أحد ارباع الاسطرلاب كما تقدم ذكره فى المادة (١٣٤) فنقول

ليكن (م ع ن) شكل (٧٤) ربعا من الاسطرلاب ولنقسم محيطه (عَ نَ) الى ٩٠° ونصل الدرجة الخامسة والاربعين الى المركز (م) بالمستقيم (ل م) ثم نرسم المماس (ع ل) فيكون ل ع = ع م فاذا فرضنا انقسام القامة الى اثنى عشر قسما أقساما متساوية ووصلنا كل قسم منها الى المركز (م) بخطوط مستقيمة تلاقى المحيط فى نقط نكتب على كل واحدة منها الرقم المقابل لها ويدل كل رقم على طول العمود أى الظل المنكوس المقابل لدرجة القوس التى فى حذاء ذلك الرقم على فرض ان نصف القطر يساوى ١٢ كما تقدم ذكره واذا قسم كل قسم من تلك الاقسام الى خمسة أقسام متساوية تحدث الاجزاء ويكون نصف القطر مساويا لستين وكذلك العمود واذا اجريت هذه العمليات على النصف الآخر لمحيط الربع نجد الظل المبسوط

ويمكن أيضا اجراء هذه الرسوم على مربع حيثما اتفق مثل (ر ص س م) فيقسم كل من الضلع (ر ص) والضلع (س ص) الى اثنى عشر قسما أقساما متساوية ويكتب على نقط التقاسيم الحروف (ا ب ح د . . . . . ب) فالضلع الاول يبين الظل المنكوس والثانى الظل المبسوط وأعداد الظل المرسومة على الاسطرلاب تكون تارة على الهيئة الاولى أى على محيط الربع وتارة على الهيئة الثانية أى على ضلعى المربع وفى كلتا الحالتين يمكن بواسطتها تعيين مماس الزوايا من الصفر الى خمس واربعين درجة وتمام مماس الزوايا من خمس وأربعين الى تسعين درجة

فاذا اريد معرفة مماس الارتفاع أى الزاوية الثلاثين نضع العضادة على طرف القوس

المقابل

المقابل لثلاثين درجة بحسابه من النقطة (عَ) فخط ترتيبها يقطع خط الظل المنكوس أوقوسه على القسم سبعة الا شيأ قليلا أى على العدد ٩٣ ر٦ تقريبا ويكون ظل الثلاثين درجة المنكوس أى مماس ٣٠° = ٦٫٩٣ وكذلك اذا اريد معرفة تمام مماس القوس سبعين درجة توضع العضادة على طرف هذا القوس ويرى ان ظله المبسوط أقل من أربع درجات ونصف ويكون تمام مماس ٧٠° = ٣٧ر٤ تقريبا

حيث ان الظلال المذكورة حسبت بفرض ان القامة أى نصف القطر يعادل ١٢ فاذا قسمت على هذا العدد ١٢ تكون قد نسبت الى نصف قطر يعادل واحدا وتحدث الاعداد التى توجد عادة فى جداول المماس وتمام المماس

ويظهر مما تقدم انه لايمكن بواسطة هذه الآلة استخراج الظل المنكوس للزوايا الزائدة عن خمس وأربعين درجة ولا الظل المبسوط للزوايا التى تنقص عن خمس وأربعين درجة مثلا اذا أريد معرفة الظل المبسوط للزاوية عشرين درجة أو الظل المنكوس للزاوية سبعين درجة فلا يتيسر استخراجهما مباشرة بهذه الآلة ولكن يمكن بالطريقة الآتية استخراجهما وهى الطريقة التى كانت تستعمل عند العرب وهى

اذا أريد معرفة الظل المنكوس للزاوية المساوية لستين درجة مثلا يبحث أولا عن ظلها المبسوط فيوجد كما مر ٣٧ ر٤ ثم يربع طول القامة ويقسم على العدد المذكور ٣٧ ر٤ فيكون الخارج هو الظل المنكوس المطلوب أى

$$\frac{١٢ \times ١٢}{٤٫٣٧} = ٣٢٫٩٦$$ وهو الظل المنكوس

وكذلك اذا أريد معرفة الظل المبسوط للزاوية المساوية لعشرين درجة مثلا يقال حيث ان تمام العشرين درجة هو سبعون فظل السبعين درجة المنكوس يكون ظل العشرين درجة المبسوط وهو المطلوب وعلى هذا المنوال يمكن استخراج ظلال الزوايا التى يتعذر معرفتها مباشرة من الاسطرلاب

وبعكس ماتقدم اذا علم الظل يمكن معرفة الزاوية المقابلة له ولاجل ذلك توضع العضادة على رقم الظل المفروض فخط ترتيبها يبين الزاوية المطلوبة مثال ذلك اذا أريد معرفة الزاوية التى ظلها المنكوس يساوى ٩٣ ر٦ توضع العضادة على هذا العدد ويقرأ عدد درجات الزاوية المطلوبة بالقرب من المرئى

واذا زاد الظل المعلوم عن ١٢ يقسم مربع القامة وهو ١٤٤ على الظل المفروض فان كان هذا الظل مبسوطا يدل الخارج على الظل المنكوس وان كان الظل المفروض منكوسا دل الخارج على الظل المبسوط وحيث الخارج المذكور لابد ان يكون أقل من ١٢ فالزاوية تستخرج بالعضادة كما تقدم مثاله

قلنا انه اذا قسم مربع القامة على ظل زاوية يكون الخارج ظلها الآخر فللبرهنة على ذلك يقال لنا فى الشكل (٧٥)

$$\text{تمام مماس } ٧٠^\circ = \frac{\text{ب ح}}{\text{ح د}}$$

$$\text{و مماس } ٧٠^\circ = \frac{\text{ح د}}{\text{ب ح}}$$

أو

$$\text{ب ح مماس } ٧٠^\circ = \text{ح د}$$

وبضرب طرفى الاولى فى ب ح يكون

$$\text{ب ح تمام مماس } ٧٠^\circ = \frac{\text{ب ح} \times \text{ب ح}}{\text{ح د}}$$

وبتبديل ح د بمقدارها السابق يكون

$$\text{ب ح تمام مماس } ٧٠^\circ = \frac{\text{ب ح} \times \text{ب ح}}{\text{ب ح مماس } ٧٠^\circ}$$

ومنها

$$\text{ب ح مماس } ٧٠^\circ = \frac{\text{ب ح} \times \text{ب ح}}{\text{ب ح تمام مماس } ٧٠^\circ}$$

وهو ماأردنا اثباته

وحيث ان (ب ح) هى القامة المفروضة وتعادل ١٢ فبتبديل (ب ح) بهذا العدد تصير المعادلة الاخيرة

$$\text{١٢ مماس } ٧٠^\circ = \frac{(١٢)^٢}{\text{١٢ تمام مماس } ٧٠^\circ}$$

ولكن وجدنا بالاسطرلاب ان

$$\text{١٢ تمام مماس } ٧٠^\circ = ٤{,}٣٧$$

فلنا اذن

$$\text{١٢ مماس } ٧٠^\circ = \frac{(١٢)^٢}{٤{,}٣٧}$$

وهو مماس السبعين درجة مضروبا فى ١٢ أى الظل المبسوط للزاوية المساوية لسبعين درجة المرسومة على آلة قامتها المفروضة تعادل ١٢ أعنى

$$\text{ظل } (٧٠^\circ) \text{ المبسوط} = \frac{(١٢)^٢}{٤\,،\,٣٧} = ٩٦\,،\,٣٢$$

وبعكس هذه المعادلات ترى صحة عملية استخراج الزاوية متى علم ظلها

(فى العصر الآفاقى وكيفية رسمه)

(١٤٢) المراد من ذلك ان يرسم شكل على الآلات الرصدية لمعرفة درجة الارتفاع التى تكون عليها الشمس وقت دخول العصر بالنسبة لأىّ أفق كان أى مهما كان عرض البلاد وقد قلنا فى المادة (٨٩) ان العصر الاول يدخل متى صار ظل الجسم القائم مساويا لظله وقت الزوال مضافا اليه طول ذلك الجسم ويدخل العصر الثانى متى كان الظل المذكور مساويا للظل الزوالى مضافا اليه ضعف طول الجسم المفروض وظل أىّ جسم وقت الزوال يتعلق بغاية ارتفاع الشمس وهى متغيرة فى الايام المختلفة وفى البلاد المختلفة كما لا يخفى ولكن من الواضح ان لغاية الارتفاع المذكور بالنسبة لجميع البلاد نهاية عظمى ونهاية صغرى فالنهاية العظمى هى ٩٠ درجة والنهاية الصغرى صفر والنهاية العظمى تكون فى البلاد التى تصل الشمس الى سمت رأسها والنهاية الصغرى تكون فى البلاد التى فيها الليل أربع وعشرون ساعة فأزيد لان الشمس هنالك تكون على سطح الافق أو تحته فى تلك المدة فغاية ارتفاعها يكون صفرا

وفى حالة ماتكون غاية ارتفاع الشمس مساوية لتسعين درجة فالظل الزوالى يكون صفرا والعصر الاول يدخل فى ذلك اليوم وقتما يكون ظل الجسم مساويا لطوله وحيث انه لايتيسر ذلك الا اذا كانت الشمس على ٤٥° فوقت العصر يكون منحصرا أيضا بين نهايتين أعظمهما حينما تكون غاية ارتفاع الشمس ٤٥° وأصغرهما حينما تكون صفرا وما بين هاتين النهايتين يتغير الوقت المذكور تبعا لتغير غاية ارتفاع الشمس فتكون غاية الارتفاع دالة ووقت العصر مدلولا وحينئذ يمكن رسم العصر الآفاقى على آلة رصدية لانا لو فرضنا غاية الارتفاع مساوية للزاوية (هـ ب ح) شكل (٧٦) ولنرمز لها بالحرف (غا) وفرضنا الشاخص القائم (هـ ح) مساويا للواحد يكون

تمام مماس (غا) = ب ح

واذن الظل المقابل للعصر الاول = ب ح + ح هـ = ب ح + ب م = ب ح + ١
أى ان الزاوية (هـ م ح) تدل على ارتفاع الشمس وقت العصر الاول ولنرمز لها بالحرف (ع) فلنا

تمام مماس (ع) = ب ح + ١

تمام مماس (ع) = تمام مماس (غا) + ١

تمام مماس (غا) = تمام مماس (ع) — ١

وهذه المعادلة الاخيرة تدل على الارتباط الذى بين الكميتين (غا) و (ع) فاذا بدلنا فيها (ع) وهى الارتفاع المقابل للعصر بالمقادير التى بين درجة واحدة وخمس وأربعين درجة يمكن استخراج مقادير غاية الارتفاع (غا) المقابلة لتلك المقادير

(مثال ذلك)

لنفرض ان (ع) = ٣٧° أعنى ان ارتفاع الشمس يعادل سبعا وثلاثين درجة وهو وقت دخول العصر ولنبحث عن غاية ارتفاعها فى ذلك اليوم فنقول

لوغا تمام مماس ٣٧° = ٠,١٢٢٨٨٥٦

فعدده = ١,٣٢٧٠٩

— ١

(تمام مماس ع) — ١ = ٠,٣٢٧٠٩ = تمام مماس (غا)

لوغا ٠,٣٢٧٠٩ = ١̅,٥١٤٦٦٧٣

١٠

لوغا تمام مماس (غا) = ٩,٥١٤٦٦٧٣

وقوسه = ٥٤َ ٧١° وهو غاية الارتفاع فى اليوم المفروض

كما اننا حللنا هذه المعادلة بواسطة الجداول اللوغارتمية فاذا وجد جدول يبين مماس الزوايا وتمام مماسها على فرض ان نصف القطر يساوى واحدا يمكن استعماله لسهولة العمل فانا نجد

تمام مماس ٣٧° = ١,٣٢٧

١—

(تمام مماس ٣٧) — ١ = ٠،٣٢٧ = تمام مماس (غا)

وقوسه = ٥٤َ ٧١ْ وهو غاية الارتفاع المطلوبة

ويمكن اجراء هذه العملية بواسطة الاعداد الظلية المكتوبة على الاسطرلاب أيضا ولكن حيث ان القامة المفروضة تعادل ١٢ فيلزم تبديل الكمية (تمام مماس ع — ١) بهذه (تمام مماس ع — ١٢)

وقد طبقنا الطريقة المتقدم ذكرها لحساب العصر الاول الآفاقى والعصر الثانى وحررنا لهما جدولى (١٩) و (٢٠) الموجودين فى آخر الكتاب وأما الشكل الذى يمكن رسمه على الاسطرلاب فطريقه أن يرسم قوسان على حرف أحد ارباع الاسطرلاب (شكل ٧٧) ثم يقسم أحدهما الى تسعين درجة ويبحث فى الجدول الذى فى آخر الكتاب عن ارتفاعات الشمس المقابلة لتلك التقاسيم وتكتب أرقامها من الصفر الى ٤٥ْ على القوس الآخر وكذلك اذا رسم قوسان آخران للعصر الثانى كما ترى فى الشكل ووضع على أحدهما عدد الدرجات وعلى الآخر عدد الارتفاعات المبينة فى الجدول يتم المرغوب

ومن ذلك يعلم اننا اذا أردنا أن نعرف عند أىّ درجة يدخل وقت العصر الاول أو الثانى بالنسبة لاىّ عرض وفى أىّ يوم يلزم البحث أولا عن غاية ارتفاع الشمس فى ذلك اليوم ثم توضع العضادة على العدد المذكور فخط ترتيبها يلاقى كلا من خط العصر الاول وخط العصر الثانى فى نقطتين تدلان على ارتفاع الشمس المقابل لكل منهما وأما كيفية معرفة غاية الارتفاع فتتعلق بمعرفة ميل الشمس وعرض البلد وقد ذكرنا فى عدة محلات من هذا الكتاب ما يختص بتعيين العرض فلا حاجة للتكرار هنا ولنتكلم الآن على كيفية تعيين ميول الشمس

(فى ميول الشمس)

(١٤٣) لايخفى ان ميل الشمس فى أول برج الحمل يكون فى نهايته الصغرى ويعادل صفرا وفى أول برج السرطان يكون فى نهايته العظمى ويعادل ثلاثا وعشرين درجة وثمانيا وعشرين دقيقة وكان بعض علماء العرب يرسمون فى أحد الارباع التى على ظهر الاسطرلاب شكلا يعرف منه ميل الشمس فى أىّ يوم كان وطريق ذلك ان يقسم محيط الربع المذكور الى ثلاثة أقسام فى كل قسم ثلاثون درجة ونفرض هذه الاقسام

ثلاثة بروج وهى الحمل والثور والجوزاء ثم يرسم قوس موازٍ لذلك المحيط و يوضع عليه اشارات للدلالة على درجات الميل وهى ثلاث وعشرون درجة وثمان وعشرون دقيقة فكل اشارة منها تدل على درجة من درجات ميل الشمس وتوضع أرقام هذه الاشارات بحيث انها تبتدئ مع ابتداء برج الحمل وتنتهى مع برج الجوزاء فاذا اريد معرفة ميل الشمس عند ماتكون على درجة معلومة من برج الحمل مثلا يبحث عن هذه الدرجة على محيط الربع ويقرأ بحذائها على القوس المتقدم ذكره عدد درجات الميل المطلوب

ومن حيث ان ميل الشمس فى أىّ فصل من الفصول الاربعة يوجد ما يساويه فى الفصول الاخرى فمن الممكن الاكتفاء برسم البروج الثلاثة التى تقدم ذكرها و بيان باقيها عليها ولكن بعكس ترتيبها ثلاثة ثلاثة بمعنى اننا لو رتبنا الحمل والثور والجوزاء من اليسار الى اليمين نعكس عليها ترتيب السرطان والاسد والسنبلة فيقع السرطان منعكسا على الجوزاء والاسد على الثور والسنبلة على الحمل ثم نبتدئ ثانيا بالميزان والعقرب والقوس فيقع الاول على السنبلة والحمل والثانى على الاسد والثور والثالث على السرطان والجوزاء ثم نعكس الترتيب لبيان الجدى والدلو والحوت ونكون قد جمعنا كل أربعة بروج فى موضع واحد فبواسطة هذا الشكل يمكن استخراج ميل الشمس متى علم البرج التى هى فيه والدرجة الحالة بها منه

(فى كيفية رسم الساعات الزمانية الآفاقية)

(١٤٤) الساعات الزمانية الآفاقية هى ساعات لاتختص بعرض واحد بل يمكن استعمالها فى أىّ عرض كان وعلماء العرب رسموا هذه الساعات بالكيفية الآتية وهى ان يقسم محيط الربع (ح ى) شكل (٧٨) الى ستة أقسام متساوية ويوضع عليها الارقام (١ و ٢ و ٣ و ٠٠٠ و ٦) لتدل على الساعات ثم تؤخذ فتحة بالبركار حيثما اتفقت ويرسم قوسان من نقطتى (ب) و (١) فيتقاطعان فى نقطة (ن) وتؤخذ فتحة أخرى مساوية للاولى ويرسم القوسان المتقاطعان فى (م) ويوصل (ن م) بخط مستقيم يمتد الى ان يقطع (ب ى) فى نقطة (ع) فتجعل هذه النقطة مركزا ويرسم القوس (ب ١) ثم على هذا المنوال ترسم الاقواس (ب ٢ و ب ٣ و ٠٠٠٠٠٠ و ب ٥) فتكون هى خطوط الساعة الاولى والثانية وهكذا الى الخامسة

وأما خط الساعة السادسة فارسمه بنصف البعد (ب د) ويرسم عليه نصف دائرة هو الخط المذكور

وكيفية استعمال هذه الخطوط ان يبحث ابتداء عن غاية ارتفاع الشمس فى اليوم الذى يفرض ثم يوضع مرى العضادة على هذا الارتفاع وتعين نقطة تقاطع خط الترتيب بخط الساعه (٦) فالقوس الذى يفرض رسمه من المركز (ب) بنصف قطر يساوى البعد بين هـذا المركز ونقطة التقاطع المتقدم ذكرها يكون مسقطا لمدار الشمس المقابل لليوم المفروض وعلى ذلك متى أريد معرفة الوقت الذى تكون فيه الشمس على ارتفاع معلوم يؤخذ هـذا الارتفاع على القوس المذكور ويبحث عن خط الساعـة المقابل له فيعلم ذلك الوقت

(فى بيان ربع المجيب الذى على ظهر الاسطرلاب)

(١٤٥) ان علماء العـرب رسموا الخطوط الجيبيـة على أحـد الارباع التى فى ظهر الاسطرلاب وسموه ربع المجيب ولما كان مبحث رسم هـذا الربع وكيفية استعماله من المباحث الدقيقة ولا سيما انه كان ولا يزال يستعمل آلة مسـتقلة عن الاسـطرلاب فى البلاد الاسلامية على قطع من الخشب أوالنحاس رأينا ان نضرب عن ذكره هنا صفحا ونفرد الكلام عليه مع الاستيفاء فى القسم الثانى

(فى بيان الاسطرلابين المرسومين فى اشكالنا)

(١٤٦) ان الرسوم التى ترى فى الاشكال (٦٤ و ٦٥ و ٦٦) هى رسوم خمس قطع من الاسطرلاب المحفوظ بمكتب المهندسخانة الهمايونية فأمّ الاسطرلاب قطرها الخارجى يساوى ٨٥ ملليمترا وقطرها الداخلى المساوى لقطر الالواح يعادل ٧٤ ملليمترا وعليها الكرسى والعروة والحلقة ومحيطها مقسوم الى 360° مبتدأة بالصفر من طرف خط المشرق والمغرب ويمر خط وسط السماء أى وتد الارض بالدرجة ٩٠ ثم على كل خمس عشرة درجة من المحيط المذكور بالابتداء من الخط المار بوسط الكرسى ومركز الآلة توضع أرقام الساعات فالرقم ١٢ يقابل 180° وبعد الساعة (١٢) يبتدأ ثانيا بالساعة واحدة فى نصف الدائرة الآخر حتى يوضع الرقم ١٢ على الخط المار بوسـط الكرسى وهذه الاعداد مكتوبة بالارقام المستعملة الآن فى أوروبا والتى أصلها الارقام العربية

وصـفائح الاسـطرلاب المذكور خمسـة منها أربعـة مرسوم على وجهيها المقنطرات السدسـية والسموت العشرية والقطران المتقاطعان وخطوط الساعات الزمانية البلدية

والفجر ولا يوجد عليها سائر أنواع الاقواس كخط العصر وجميع هـذه الرسوم مكتوب عليها بالكوفى الاندلسى الا أنه يرى انه فى أثناء تداول هذه الآلة فى أياد مختلفة وضع عيهلا غلطا أرقام لم تكن بخط صانعها وهى أرقام دالة على عرض كل صفيحة مع ان أصلها مكتوب بالحروف الابجدية

(فى بيان عروض الصفائح المذكورة)

المبينة بالحروف الكوفية الاصلية				المبينة بالارقام العادية غلطا			
فى أحد الوجهين		فى الوجه الآخر		فى أحد الوجهين		فى الوجه الآخر	
درجه	دقيقه	درجه	دقيقه	درجه	دقيقه	درجه	دقيقه
كه ٢٥	٠٠	كا ٢١	م ٤٠	٢٤	٠٠	٣٠	٠٠
لز ٣٧	ل ٣٠	لج ٣٣	ل ٣٠	٣٦	٠٠	٣٤	٠٠
لد ٣٤	ل ٣٠	لح ٣٨	ل ٣٠	٣٣	٠٠	٣٧	٠٠
لا ٣١	ل ٣٠	له ٣٥	ل ٣٠	٢٨	٠٠	٣٦	٠٠

وجميع خطوط السموت مكتوب عليها بالخط الكوفى هذه الحروف (ى ك ل .. . ص) وعلى المقنطرات هذه الحروف (ويب يح ... ص) ولبيان الساعات الزمانية البلدية هذه الحروف (ا ب ح ى ه .... ب) وفى خانات هذه الساعات هـذه الكلمات أولى وثانية وثالثة ورابعة وخامسـة وسادسـة وسابعة وثامنة وتاسـعة وعاشرة وحادية وثانية ومعنى هاتين الكلمتين حادية عشرة وثانية عشرة وانما كتبت كذلك للاختصار وأما الصـفيحة الخامسـة فالرسوم التى عليها لم تكن الا على أحـد وجهيها ومكتوب عليها بالحروف اللاتينية من غير كتابة عربية وعرضـها ثمان وأربعون درجة واثنتان وعشرون دقيقة وكتابتـها هكذا (E.P. 48.22) وليست هـذه الصفيحة توضع بسهولة فى أم الاسـطرلاب كسائر الصفائح فلا بد أن تكون هذه الآلة جعلت أولا باربع صفائح فقط ثم زيد عليهـا هذه الصفيحة الخامسة وأما الرسوم التى على هذه الصفيحة فهى السموت العشرة والمقنطرات السدسية وخط الفجر والشفق تحت الافق وخط وسط السماء ووتد الارض وخط المشرق والمغرب ومناظر الدوائر العظمى المارة بقطبى الافق وقاسمة خط الاستواء الى اثنى عشر قسمـا أقسـاما متساوية مبينة بالارقام الرومية

XII XI X IX VIII VII VI V IV III II I

وأما السموت والمقنطرات فبينة بالارقام الاعتيادية

هذا ويوجد على محيط جميع الصفائح الخمس المذكورة خارجة صغيرة لتدخل فى حرف

مصنوع

مصنوع على حائط ام الاسطرلاب وتمنع تحريك الصفائح المذكورة ويوجد فى مركز كل صفيحة ثقب قطره ثلاثة ملليمترات

ثم دائرة البروج التى على العنكبوتة مقسومة الى اثنى عشر قسما كل قسم منقسم الى خمسة أقسام فدرجات البروج الاثنى عشر تكون سدسية وبدلا من أسماء البروج وضعت العلامات التى ذكرناها فى المادة (٨٠) وأما شظايا الكواكب فعددها أربع وعشرون مكتوب عليها أسماء الصور السماوية باللغة اللاتينية وبجانبها حروف يونانيا دالة على أربعة وعشرين كوكبا وهى المبينة فى هذا الجدول

بطن القيطوس	١	ζ	Ceti.
رأس الغول	٢	β	Persei.
العيوق	٣	α	Aurigæ.
الدبران (عين الثور)	٤	α	Taurie.
رجل الجوزا	٥	β	Orionis.
الشعر العبور	٦	α	Canis majoris.
يد الدب (الاكبر)	٧	ι	Ursæ majoris.
الشجاع	٨	α	Hydræ.
ركبة الدب	٩	ψ	Ursæ majoris.
جناح الغراب	١٠	γ	Corvi.
السماك الاعزل	١١	α	Virginis.
نعش	١٢	η	Ursæ majoris.
السماك الرامح	١٣	α	Beetis.
عنق الحية	١٤	α	Serpenti.
النير من الفكة	١٥	α	Caronæ.
رأس الحوا	١٦	α	Ophiuchi.
النسر الواقع	١٧	α	Lyræ.
النسر الطائر	١٨	α	Aquilæ.
الدلفين	١٩	ε	Delphini.
الردف	٢٠	α	Cygni.
منكب الفرس	٢١	β	Pegasi.
الكف	٢٢	β	Cassiopejæ.
ذنب القيطوس (الشمالى)	٢٣	ι	Ceti.
ذنب الجدى	٢٤	α	Capricorni.

وليس فى هـذا الاسـطرلاب فلس وعضادته بسـيطة يمكن استعمالها على ظهره وعلى العنـكبوتة وهى منحرفة الشكل وفى طرفيها هدفتان فيهما ثقبان متقابلان ولا يوجد فى هذه الآلة خطوط الساعات الزمانية الآفاقية كما فى غيرها

ومحيط الدائرة الخارجية التى فى ظهره منقسم الى ثلثمائة وستين درجة تبتدئ بالصفر فى النصف الذى جهـة الكرسى من خط المشرق والمغرب وعليها حروف الجمـل خمس درجات خمس درجات فيوجد فى وسط الكرسى الحرف (ص) الدال على ٩٠ ويرى على محيطى الربعين الاسفلين أقواس منقسمة الى أربع وخمسـين درجة وعليهـا كتابة لطول عهدها لايمكن قراءتها فلا يعلم كيفية استعمال تلك الخطوط

ثم محيط الدائرة المنقسم الى ٣٦٠ منقسم أيضا الى اثنى عشر قسمـا مكتوب عليهـا أسماء البروج (الحمل والثور والجوزاء والسرطان والاسد والسنبلة والميزان والعقرب والقوس والجدى والدلو والحوت) وعلى كل خمس درجات حرف من الحروف الابجدية ثم داخل هـذه الدائرة مرسوم دائرة أخرى منقسمة الى ثلثمائة وخمس وستين قسما أقساما متساوية مكتوب على احـد وثلاثين قسما منها كلمـة مارس وعلى الثـلاثين التاليـة ابريل وعلى الاحـد والثلاثين التى بعدها مايو وعلى الثلاثين التى تليها يونيو وعلى الاحـد والثلاثين التى بعدهـا يوليو ثم على الاحد والثلاثين التاليـة أغسطس وعلى الثلاثين التى بعـدها سبتمبر وعلى الاحـد والثلاثين التى بعدهـا أوكتوبر وعلى الثـلاثين التاليـة لها نوفبر وعلى الاحـد والثلاثين التى بعدهـا ديسمبر وعلى الاحـد والثـلاثين التى بعـدها ينـاير وعلى الثمانية والعشرين التى بعـدها فبراير وهى أسماء الشهور

وعلى كل خمسـة تقسيمات من هذه التقاسيم عدد بالحروف الابجدية وابتدا شهر مارس يقابل الدرجة ٢٧ من برج الحوت وابتداء ابريل يقابل الدرجة ١٨ من الحمل وابتداء مايو يقابل الدرجـة ١٧ من الثور وابتداء يونيو درجـة ١٦ من الجوزاء وابتداء يوليو درجة ١٥ من السرطان وابتداء أغسطس درجـة ١٤ من الاسد وابتداء سبتمبر درجة ١٤ من السنبلة وابتداء أوكتوبر درجـة ١٤ من الميزان وابتداء نوفبر درجة ١٥ من العقرب وابتداء ديسمبر درجـة ١٥ من القوس وابتداء يناير درجـة ١٧ من الجدى وابتداء فبرايردرجة ١٩ من الدلو

ورسم فى المربعين اللذين تحت خط المشرق والمغرب الاعـداد الظلية وهى منقسمة الى

اصابع

أصابع بمعنى ان القامة المفروضة التى هى مقياس الظل منقسمة الى ١٢ قسما وجعلت الظلال القائمة على خط موازلوتد الارض والظلال المبسوطة على خط مواز لخط المشرق والمغرب وكل من هذين الخطين منقسم الى اثنى عشر قسما أقساما متساوية

وفى الشكل المستطيل الذى فوق خط المشرق والمغرب (قطعة ٣) مكتوبة هذه الجملة (صنع هذا الاسطرلاب محمد بن فتوح الخمايرى بمدينة اشبيليه (١) فى سنة خيج للهجرة) أى فى سنة ستمائة وثلاث عشرة هجرية ثم فى حجرة أم الاسطرلاب مرسومة جملة دوائر متحدة المركز كالتى مثلها فى الشكل (٧٩) مقطوعة بخطوط متجهة نحو المركز المذكور فتكونت خانات عديدة فيها حروف بحساب الجمل تبين غرر الاشهر ففى احدى الخانات توجد هذه العبارة (سنون مفردة عجمية) وهى تختص بتاريخ يزد جرد وفى احدى خانات الدائرة القريبة من المركز توجد هذه العبارة الاخرى (علامة دخول ينار) وهى تدل على أيام دخول كانون الثانى فى كل سنة

والالفاظ المكتوبة على هذا الاسطرلاب كلها مكتوبة بحروف كوفية الاان املاءها يغاير املاء أيامنا لجمادى الاول وجمادى الثانى مثلا مكتوبان هكذا جمدى ١ وجمدى ٢

والامر الذى لايكاد يفهم فى هذه الآلة هو وجود ألفاظ لاتينية على صفحتها الخامسة وعلى شظايا الكواكب فهل ذلك من فعل صانعها أو تداولها ما بين الناس وقعت فى أيدى أقوام خلاف العرب فكتبوا عليها تلك الالفاظ ويغلب على الظن ان جميع ذلك صنع فيما بعد ومما يؤيده كتابة عروض الصفائح بالارقام العربية تحت كتابتها بالحروف الابجدية وفى تلك الارقام غلط يعرف بالتأمل فيها ويفهم من النظر فى حفرها ان صانعها ليس بحكالك ماهر مثل الصانع الاصلى فان من تأمل فى هذه الآلة يراها مصنوعة بغاية الدقة والضبط مع أن حجمها صغير جدا

هذا وفى أثناء طبع هذا الكتاب بمصر قد أهدانى سعادة يعقوب باشا ارتين وكيل ديوان المعارف العمومية بها اسطرلابا جميلا وهذا شرحه

قطر أم الاسطرلاب الخارجى يعادل ١٣٫٥ سنتيمترا وقطرها الداخلى ١٢ وكرسيه

---

(١) اشبيلية مدينة من الاندلس يقال لها اليوم فى اسبانيا مدينة (سيه ديل) وسكانها الآن مائة واثنان وخمسون ألف نفس اهـ

وعروته وحلقته كلها كاملة ومحيط وجهه منقسم الى ثلثمائة وستين درجة مكتوب على كل خمس درجات منها حرف من حروف الجمل يدل على العدد من الشمال الى اليمين بالابتداء من الخط الرأسى النازل من العروة

ويحتوى على ست صفائح قطرها ٥ر١١ سنتيمترا وفى مركز كل منها ثقب بقدر خمس ملليمترات وعلى وجهى كل من هذه الصفائح رسوم فاحدى عشر منها عبارة عن مقنطرات ثلاثية وسموت عشرية مكتوب عليها بحروف الجمل ثم تحت خط المشرق والمغرب موجود خطوط الساعات الزمانية من واحد الى اثنى عشر ولكن لا يوجد فيها خطوط العصر والفجر والامساك والصفيحة التى عرضها ٤١° رسم عليها خطوط التسيير فهى صفيحة موضعية وأما الرسم الثانى عشر فهو صفيحة آفاقية مرسوم عليها ثمانية وعشرون أفقا والعروض التى على الصفائح الستة المذكورة هى هذه

في الوجه الآخر		في وجه	
درجه	دقيقه	درجه	دقيقه
١٤	٣٠	١٣	٤٠
٢٤	٠٠	٢١	٣٠
٣٢	٠٠	٣٠	٠٠
٣٦	٠٠	٣٣	٠٠
وفى الصفيحة الآفاقية		٤٠	٠٠
٤٢	٠٠	٤١	٠٠

ثم على محيط كل صفيحة توجد خارجة صغيرة لتثبيتها فى الحجرة

وعلى عنكبوته ثلاثون شظية وعلى دائرة الخسوف اثنا عشر برجا والكواكب المرسومة شظاياها هى هذه

١	عنق الحية	١١	يد الدب	٢١	منقار الغراب
٢	نير الفكة	١٢	رجل الدب	٢٢	جناح الغراب
٣	رأس الجوزا	١٣	السماك الرامح	٢٣	السماك الاعزل
٤	النسر الواقع	١٤	كف الخضيب	٢٤	قلب الاسد
٥	ذنب الدلفين	١٥	ذنب الجدى	٢٥	زبانا يزونى
٦	النسر الطائر	١٦	ذنب قيطوس	٢٦	زبانا
٧	الردف	١٧	بطن قيطوس	٢٧	الشعرى الشامية
٨	منكب الفرس	١٨	رجل الجوزا	٢٨	منكب الجوزا
٩	رأس الغول	١٩	الشعرى اليمانية	٢٩	عين الثور
١٠	العيوق	٢٠	فرد الشجاع	٣٠	كف الجوزا

ومحيط

ومحيط الدائرة التى على ظهر الاسطرلاب منقسم الى ثلثمائة وستين درجة فى كل ربع تسعون درجة مبتدئة من طرفى خط المشرق والمغرب ومكتوب عليها حروف أبجدية باعتبار خمس درجات فالحرف (ص) يوجد على الخط الرأسى المار بوسط العروة ومرسوم على الربع اليسارى من الربعين اللذين فوق خط المشرق والمغرب ربع مجيب وفى الربع اليمينى منهما خطوط الساعات الزمانية الآفاقية وفى الربعين اللذين تحت الخط المذكور توجد مقاييس المماس وتمام المماس بالنسبة الى قامة مفروضة تساوى ١٢ ومكتوب عليها (ظل المربع) وتلك المقاييس مبينة بالحروف (ب د و ٠٠٠٠ يب) ثم على قوس الربع اليسارى توجد تقاسيم العصر الآفاقى وعلى قوس الربع اليمينى يوجد حساب الظل المبسوط (تمام المماس) للزوايا التى بين ثلاث عشرة درجة ونصف الى تسعين درجة

واجزاء هذا الاسطرلاب كمحوره وفرسه وعضادته كلها كاملة لاينقصها شئ سوى الفلس فلا يوجد فيه وأحد ساقى العضادة المساوى لنصف القطر مقسوم الى ستين قسما أقساما متساوية مكتوب عليها حروف الجمل (و يب يح كد ل لو مب مح ند س) وهى أرقام تدل على تقاسيم الستين وجيب التمام التى سنبينها بعد

وعلى الكرسى من جهة ظهر الاسطرلاب هذه العبارة (عمل مصطفى أيوبى سنة ١١١٠) مكتوبة بالقاعدة الاستانبولية وهذا يدل على ان صانعها من أهل دار السعادة القاطنين بحارة أيوب وعلى وجهه بالقرب من الكرسى اسم صاحب هذا الاسطرلاب اذ يقرأ هنالك هذه العبارة (صاحبه الحاج محمد موقت بايزيد ولى) ولكنها لاتقرأ الا بصعوبة لانها مسحت قليلا والحاج محمد المذكور كان ميقاتى جامع السلطان بايزيد ولى طيب الله ثراه

ثم على حرف أم الاسطرلاب الذى عرضه ١١ ملليمتر تقرأ أبيات تركية العبارة مبتدأة من الكرسى وتنتهى اليه من الجهة الاخرى وهذا تعريبها (بنظم الشاعر اللبيب حفنى أفندى ناصف مدرس العلوم العربية بمدرسة الحقوق الخديوية)

توكل على مولاك فى كل ساعة	فدنياك دوما حالها يتبدل
وقوم بالاسطرلاب والربع واصطحب	لرملية اذ ليس عنهن معدل
ولاتله عن ضبط الزمان بزخرف	ونفع الورى فالنفع أولى وأفضل

وقد قالت الاعلام ابالك والاسى فمالك فيه الحظ لا بد يحصل
فيارب أحسن للجميع نهاية ويسر عسيرا اذ عليك المعول

وبمقارنة هذا الاسطرلاب بالذى شرحناه أولا يرى ان حجم هذا أعظم من حجم الاول فكان يلزم أن تكون رسومه أصح من رسوم الآخر ولكنا نرى الآخر مع صغر حجمه اضبط من هذا

(فى بعض ايضاحات اجمالية تتعلق بكيفية استعمال الاسطرلاب وحل بعض المسائل)

(١٤٧) اذا اريد أخذ ارتفاع الشمس عن سطح الافق يمسك الاسطرلاب باليد من حلقته بحيث يكون حرفه متجها نحو الشمس ثم تحرك العضادة التى على ظهره بحيث ان الاشعة المارة بثقب احدى هدفتيها تمر بالهدفة الاخرى ويقرأ على محيط الاسطرلاب درجة الارتفاع المطلوب فوق خط المشرق والمغرب

وكذلك اذا اريد معرفة ارتفاع الكواكب أو الاشباح العالية كالقلاع والمنارات يمسك الاسطرلاب بالكيفية المذكورة وتحرك العضادة حتى يمكن للراصد أن يرى من هدفتيها الكوكب أو الشبح المراد أخذ ارتفاعه

واذالم يعرف الراصد هل ارتفاع الكوكب شرقى أوغربى فعليه أن يعيد العملية بعد برهة فان كان الارتفاع متزايدا فشرقى والا فغربى

(فى معرفة غاية ارتفاع الشمس)

من المعلوم ان الشمس فى حركتها اليومية تتصاعد رويدا رويدا الى وقت الزوال ثم تأخذ فى التنازل ففى لحظة تغير حركتها من التصاعد الى التنازل تكون فى غاية ارتفاعها ولتعيين هذا الوقت يلزم توجيه العضادة نحو الشمس قبل الزوال ببرهة وتحريكها بعد ذلك بحيث ان أشعة الشمس تبقى مارة بهدفتيها فحينما تأخذ الشمس فى الهبوط تكون العضادة دالة على غاية الارتفاع

واذا كان عرض البلد معلوما يمكن بواسطة غاية الارتفاع استخراج ميل الشمس فى ذلك اليوم لانه فى الجهات الشمالية

ميل الشمس = غاية الارتفاع — تمام العرض

وفى الجهات الجنوبية

ميل الشمس = تمام العرض — غاية الارتفاع

واذا

واذا كان العرض مجهولا وأريد تعيينه يلزم تعيين ميل الشمس بطريقة أخرى اما من التقويمات واما بواسطة خط الميل المرسوم على الاسطرلاب فيحدث
اذا كان الميل شماليا

تمام العرض = غاية الارتفاع — الميل

وان كان الميل جنوبيا

تمام العرض = غاية الارتفاع + الميل

واذا علم عرض البلد وميل الشمس فى يوم مفروض وأريد معرفة غاية الارتفاع من غير رصد يكون

غاية الارتفاع = تمام العرض + الميل ان كان الميل شماليا

وغاية الارتفاع = تمام العرض — الميل ان كان الميل جنوبيا

واذا كان العرض معلوما ووجد فى الاسطرلاب صفيحة لهذا العرض تؤخذ غاية الارتفاع ويبحث عن المقنطرة الصانعة (١) مع خط وسط السماء زاوية مساوية للارتفاع المذكور فبعد هذه المقنطرة من مدار الاعتدال يكون مساويا لميل الشمس وهذا البعد ان كان من جهة مدار الجدى يدل على ان الميل جنوبي وان كان من الجهة الاخرى داخل الآلة يدل على انه شمالى

(فى تعيين نصف الفضلة ونصف قوس النهار وقوس النهار وقوس الليل والساعات المستوية)
(لليل والنهار ووقت شروق الشمس ووقت الظهر ودرجات الساعات الزمانية)

اعلم ان نصف الفضلة هى نصف الفرق بين مدة النهار واثنى عشرة ساعة ويسمى أيضا بنصف التعديل وله نهايتان عظمى وصغرى فالصغرى صفر وتكون وقت وجود الشمس فى الاعتدالين والعظمى تختلف باختلاف العروض وتكون وقت وجود الشمس فى الانقلابين

ولمعرفة نصف الفضلة ينبغى أولا معرفة درجة الشمس اما بالتقويمات أو بالطريقة المبينة فى مادتى (١٢٤) و(١٣٤) أى بواسطة دائرة البروج وأقسام الشهور التى على وجه الاسطرلاب والدرجة التى تقابل درجة الشمس على 180° تسمى بجزء النظير مثال ذلك درجة الشمس فى يوم ثلاثة وعشرين من شهر نيسان خمس عشرة من برج الثور فجزء النظير يكون درجة خمس عشرة من برج العقرب

اذا علمت ذلك فكيفية معرفة نصف الفضلة لليوم المذكور ان تدير العنكبوتة حتى

---

(١) ان أكثر الاسطرلابات لم تكن تامة بل هى ثلثية أو سدسية فلذلك يلزم تعيين مقنطرة الدرجة المطلوبة على وجه التخمين بالنسبة الى المقنطرة المجاورة لها اه

تجيء الدرجة الخامسة عشرة من برج الثور على خط الافق أى على مقنطرته وتقرأ الدرجة التى يقع عليها مرى الاجزاء (أى مرى العنكبوتة) على محيط الحجرة ويحفظ عددها ثم تدور العنكبوتة مرة أخرى حتى تقع الدرجة الخامسة عشرةمن برج الثور المتقدم ذكرها على خط المشرق وتقرأ الدرجة التى يقع عليها المرى فالفرق بين هذا العدد والعدد الاول المحفوظ هو نصف الفضلة المطلوب وأما باقى المطلوبات فيجرى حسابها بالكيفية الآتية وهى

نصف قوس النهار = ٩٠ + نصف الفضلة ان كانت الشمس فى الجهة الشمالية

ونصف قوس النهار = ٩٠ — نصف الفضلة ان كانت الشمس فى الجهة الجنوبية

وقوس النهار = ٢ × نصف قوس النهار

وقوس الليل = ٢٤ — قوس النهار

ولمعرفة كم ساعة مستوية فى يوم مفروض تقسم درجات قوس النهار على خمسة عشر وهو عدد الدرجات التى تحتوى عليها الساعة الواحدة فالخارج هو عدد الساعات التى يحتوى عليها اليوم المفروض وان بقى باق أقل من خمسة عشر فكل درجة تعتبر ٤ دقائق زمانية واذا طرح عدد الساعات المستوية من ٢٤ ساعة فالباقى هو مدة الليل وحيث ان نهاية الليل بالضرورة هى وقت شروق الشمس فبهذه الطريقة يعلم أيضا وقت الشروق المذكور

وكذلك حيث ان منتصف الليل بالنسبة للساعات الغروبية يقابل وقت الزوال الحقيقى فى النهار وهذا الوقت هو وقت الظهر فيعلم هو أيضا ولمعرفة كم درجة فى الساعة الزمانية تقسم درجات قوس النهار أو قوس الليل على اثنتى عشرة فالخارج يدل على عدد درجات الساعة الواحدة من الليل أو النهار

(فى تحويل الساعات المستوية الى ساعات زمانية وعكسه)

اذا علم عدد الساعات المستوية فى يوم وأريد معرفة عدد درجات الساعة الزمانية فى ذلك اليوم يضم الى عدد الساعات المستوية ربعها فيكون المجموع عدد درجات الساعة الزمانية الواحدة وبالعكس اذا علمت درجات الساعة الزمانية يطرح خمسها منها فيكون الباقى عدد الساعات المستوية التى فى اليوم المفروض مثال ذلك اذا كان عدد الساعات المستوية فى يوم مفروض يساوى ١٣ فيأخذ ربعه وهو ٣ ساعات و ١٥ دقيقة وضمه اليه يحدث ١٦ درجه و ١٥ دقيقة وهى عدد درجات الساعة الزمانية الواحدة فى ذلك

اليوم

اليوم وبالعكس اذا علمنا هذا العدد وأخذنا خمسه نجد ٣ درجات و ١٥ دقيقة وبطرحه منه يحدث ١٣ وهو عدد الساعات المستوية التى فى اليوم المفروض فاذا علم هذا وأريد معرفة مقدار الساعة المستوية بالنسبة الى الساعة الزمانية تضرب الساعة المستوية الواحدة فى ١٥ ويقسم الحاصل على عدد درجات الساعة الزمانية وبالعكس لمعرفة مقدار الساعة الزمانية بالنسبة الى الساعة المستوية يقسم عدد درجات الساعة الزمانية على ١٥

والساعات الزمانية المذكورة هى المستعملة عند المنجمين الذين يحاولون استنباط الحوادث الدنيوية من الارتباطات الفلكية وفى بعض التآليف العربية مانصه (ويستعمل هذه الساعة الخواص وهم المنجمون وأصحاب علم الحرف والروحانية)

(فى تعيين الدائر وفضل الدائر من ارتفاع الشمس لتصحيح الساعات)

اذا كان ارتفاع الشمس شرقيا فالدائر يكون عبارة عن الزمن الذى بين شروق الشمس ووقت الرصد وفضل الدائر هو الزمن الباقى لوقت الزوال واذا كان ارتفاع الشمس غربيا فالدائر يكون عبارة عن الزمن الباقى لوقت الغروب وفضل الدائر هو الزمن الماضى من وقت الزوال

ولاستخراج الدائر يلزم أولا معرفة درجة الشمس وثانيا نصف قوس النهار وثالثا اذا كان الارتفاع شرقيا توضع درجة الشمس على الافق الشرقى وتقرأ درجة محيط الحجرة المبينة بالمرى وتحفظ ورابعا تدور العنكبوتة حتى تقع درجة الشمس على المقنطرة الشرقية التى رقمها يساوى ارتفاع الشمس وتقرأ الدرجة المبينة بالمرى فاذا كان ارتفاع الشمس ثلاثين درجة مثلا تدور العنكبوتة حتى تقع درجة الشمس على المقنطرة الشرقية التى رقمها ٣٠ وتقرأ الدرجة المبينة بالمرى وخامسا يؤخذ الفرق بين هذا العدد والعدد المحفوظ ويحوّل الى كمية زمانية لتضم الى وقت شروق الشمس مع طرح ثمانى دقائق للتمكين فيكون الباقى ساعة وقت الرصد وقبل تحويل الفرق المتقدّم ذكره الى كمية زمانية اذا طرح من نصف قوس النهار أواذا طرح بعد تحويله اليها من نصف مدّة النهار يعلم فضل الدائر

وأما اذا كان ارتفاع الشمس غربيا فهذه العمليات تجرى على المقنطرات الغربية و بعد معرفة الدائر يطرح من ١٢ فيكون الباقى ساعة وقت الرصد

واذا كانت الساعة المذكورة ساعة زمانية توضع درجة الشمس على مقنطرة الارتفاع

المتقدم ذكرها فيقع جزء النظير على الخانة الدالة على الساعة الزمانية لوقت الرصد

(أوقات الصلاة)

لاحاجة للبحث عن وقت المغرب بالاسطرلاب لانه يعلم عيانا وقت غروب الشمس وأما العشاء فلمعرفة وقت دخولها يبحث أولا عن درجة الشمس فى اليوم المفروض ثم توضع على أفق المغرب وتقرأ الدرجة التى يبينها المرى وتحفظ ثم تدور العنكبوتة حتى تقع درجة الشمس على خط الشفق وتقرأ الدرجة المبينة بالمرى و يؤخذ الفرق بين هذا العدد والعدد الاول المحفوظ فيعلم وقت صلاة العشاء

وكذلك اذا أريد معرفة وقت العصر توضع درجة الشمس على خط العصر الاول أوالثانى وتقرأ الدرجة المبينة بالمرى و يطرح من العدد المحفوظ فيكون الفرق عبارة عن الحصة التى بين العصر والغروب وبطرحه من ١٢ يعلم وقت دخول الشمس ووقت الفجر يعين بهذه الطريقة أيضا

واذا لم يكن خط العصر مرسوما على الصفيحة يؤخذ ارتفاع الشمس بالكيفية المذكورة فى المادة (١٤٢) وتوضع درجة الشمس على مقنطرة ذلك الارتفاع فيوجد المطلوب واذا لم يكن خط الشفق مرسوما أيضا على الصفيحة وأريد تعيين وقت الشفق وهو وقت صلاة العشاء تؤخذ مقنطرة الدرجة (١٨)من المقنطرات الشرقية ويوضع عليها درجة الشمس وتقرأ الدرجةالمبينة بالمرى ثم يبحث عن الفرق بينها وبين درجة الشمس عند ماتكون الشمس على الافق الشرقى فيعلم منه وقت صلاة العشاء بعد الغروب وكذلك لتعيين وقت الفجر ووقت الامساك تؤخذ مقنطرة (١٩) درجة ومقنطرة (٢١) درجة ونصف و يجرى العمل كما ذكر ولكن يراعى ان وقت الفجر ووقت الامساك يكونان قبل شروق الشمس فيلزم طرحهما من وقت الشروق

وقد اصطلح المتأخرون على ان صلاة العيد تكون عند ماترتفع الشمس فوق الافق بخمس درجات فلاجل تعيين هذا الوقت توضع درجة الشمس على الافق ثم على مقنطرة الدرجة (٥) ويؤخذ الفرق بين العددين المعينين بهذه الكيفية ويضاف على وقت شروق الشمس لان صلاة العيد هى بعد الشروق كما ذكرنا

(فى تعيين سعة المشرق والمغرب)

سعة المشرق هى قوس من دائرة الافق محصور بين نقطة شروق الشمس وخط الاستواء

وسعة

وسعة المغرب هى قوس من دائرة الافق أيضا محصور بين نقطة غروب الشمس وخط الاستواء ولاجل تعيينهما يبحث عن نقطة وقوع درجة الشمس على الافق فتكون السعة المطلوبة على دائرة السمت لتلك النقطة

واذا لم يكن للارتفاع سمت تدور العنكبوتة حتى تقع درجة الشمس على قوس أول السموت فدرجة المقنطرة المارة بهذه النقطة تكون عبارة عن السعة المطلوبة واذا كان العرض شماليا فالارتفاعات التى لاسمت لها تكون على البروج الشمالية ولايوجد منها على البروج الجنوبية شئ

وسمت أى ارتفاع كان هو عبارة عن درجة قوس دائرة السمت المبينة بوضع درجة الشمس على مقنطرة ذلك الارتفاع فان وجد السمت المذكور مابين وتد الارض ودائرة أول السموت يسمى شماليا واذا وجد خارجا عنهما يسمى جنوبيا واذا كان الارتفاع شرقيا يكون السمت شرقيا شماليا أوشرقيا جنوبيا واذا كان غربيا يكون غربيا شماليا أوغربيا جنوبيا واذا وقع الارتفاع على أول السموت يكون السمت صفرا

والعمليات المتقدم ذكرها كلها موقوفة على استعمال درجة الشمس فاذا أريد اجراؤها ليلا حيث لاتوجد الشمس يمكن استعمال كوكب من الكواكب النيرة ويلزم أن يكون من الكواكب التى لها شظايا على سطح العنكبوتة وفى هذه الحالة تبقى الايضاحات السابقة كما هى وانما يبدل فيها عبارة درجة الشمس بشظية الكوكب المعتبر

(فى تعيين ارتفاع جسم قائم)

ضع العضادة على درجة خمس وأربعين واقرب من الجسم المفروض وابعد عنه حتى تجد نقطة يمكنك أن ترى رأس ذلك الجسم من الهدفتين ثم قس المسافة التى بينك وبين مسقط رأس الجسم على الافق وأضف اليها ارتفاع نظرك عن الارض فما كان هو الارتفاع المطلوب

واذا أردت استخراج الارتفاع المذكور من أى نقطة فرضت فانظر الى رأس الجسم حتى تراه من هدفتى العضادة وأبحث فى الآلة عن الظل المبسوط للزاوية الحادثة ثم قس المسافة التى بينك وبين مسقط رأس الجسم واضرب بها فى القامة المفروضة (١٢) واقسم حاصل الضرب على الظل المبسوط وأضف الى الخارج ارتفاع بصرك عن الارض فيكون

$$\text{العمود} = \frac{\text{١٢ القاعدة}}{\text{تمام مماس الزاوية}} + \text{قامة الانسان}$$

وبهذه الكيفية يمكن تعيين مقدار انحطاط جسم تحت الافق

واذا لم يمكن الوصول الى مسقط رأس الجسم المراد أخذ ارتفاعه كأن يكون جبلا أوهرما تستعمل طريقة أخرى عثرنا عليها فى كتاب عربى لم يذكر فيه اسم مؤلفه قال مامعناه (انظر الى رأس الجسم حتى تراه من الهدفتين بشرط ان يكون خط ترتيب العضادة واقعا على عدد صحيح من أعداد الظل المبسوط وضع علامة فى المحل الذى أنت فيه ثم أدر العضادة الى أن يزيد ذلك العدد أو ينقص واحدا وابحث عن محل اخر على سطح أفقى وفى السطح الرأسى المار بالمحل الاول وبرأس الجبل مثلا بحيث ترى رأس الجبل من الهدفتين مرة أخرى وضع علامة ثانية فى ذلك المحل فان نقصت العدد المفروض قربت ضرورة من الجبل وان زدته بعدت عنه ثم قس المسافة بين المحلين واضربها فى القامة المفروضة واقسم الحاصل على (الظل المحفوظ) وأضف الى الخارج قامة الانسان فما كان هوالارتفاع المطلوب) اه

وهذه القاعدة جليلة جدا لولا ان بها غلطا فى قوله(واقسم الحاصل على الظل المحفوظ) والصواب ان يقول (وقس المسافة بين العلامتين واضربها فى قامة الظل وأضف الى الحاصل قامتك)

وللبرهنة على ذلك نقول لنفرض الشكل (٨٠) فلنا

$$\frac{\text{ح}}{\text{ء}} = \text{تمام المماس مَ} \qquad \text{ح} = \text{ء تمام المماس مَ}$$

$$\frac{\text{ح} + \text{ب}}{\text{ء}} = \text{تمام مماس م} \qquad \text{ء} = \frac{\text{ح} + \text{ب}}{\text{تمام مماس م}}$$

$$\text{ء} = \frac{\text{ء تمام مماس مَ} + \text{ب}}{\text{تمام مماس م}}$$

$$\text{ء} \left(\text{تمام مماس م} - \text{تمام مماس مَ}\right) = \text{ب}$$

$$\text{ء} = \frac{\text{ب}}{\text{تمام مماس م} - \text{تمام مماس مَ}}$$

$$\text{ء} = \frac{\text{١٢ ب}}{\text{١٢ تمام مماس مَ ١٢ تمام مماس مَ}}$$

ومن المعلوم انه اذا كانت القامة المفروضة لمقياس الظل الذى على الاسطرلاب تساوى ١٢ فالظل المبسوط للزاوية الحادثة بين شعاع البصر المتجه نحو رأس الجبل و بين الافق يكون مساويا لتمام مماس تلك الزاوية مضروبا فى ١٢ فلو فرضنا (١٢ تمام مماس م) = ٤٣ مثلا يكون (١٢ تمام مماس مَ) = ٤٢ بالعمل المتقدم فالفرق بين هاتين الكميتين يكون مساويا للواحد و يكون اذن (ء = ١٢ ب) و باضافة قامة الراصد الى هذه الكمية يحدث ارتفاع الجبل المطلوب

ويتخلص من ذلك هذه القاعدة العامة — اذا أردت أخذ ارتفاع جبل مثلا لايمكنك الوصول الى مسقط رأسه فقف فى محل مبسوط وانظر رأس الجبل وعين الزاوية الحادثة ثم قف فى محل آخر (بشرط أن يكون فى السطح الرأسى المار بالمحل الاول وبالنقطة التى رصدتها) وانظر تلك النقطة مرة ثانية وعين الزاوية الحادثة ثم قس المسافة بين المحلين المذكورين واضربها فى ١٢ واقسم الحاصل على الفاضل بين الظل المبسوط لاحدى الزاويتين الحادثتين والظل المبسوط للاخرى فالخارج مع قدر قامتك هو المطلوب

والفرق بين هذه القاعدة والقاعدة المتقدم ذكرها ان المقسوم عليه فى تلك يساوى واحدا بخلافه هنا ولايخفى مافى ذلك من السهولة وقد يمكن الاعتذار عن الخطا الذى مبناه بان سببه تحريف النساخ اذ يبعد أن ينسب مثله الى المؤلف ولعل قوله (الظل المحفوظ) محرف عن (الفرق بين الظلين) فتكون القاعدة حينئذ صحيحة

ويوجد فى القاعدة المتقدم ذكرها خطأ آخر وهو قوله ان البعد بين محل الرصد الاول والجبل يساوى حاصل ضرب المسافة بين المحلين فى الظل المبسوط للزاوية الاولى فان الحاصل المذكور لم يكن الا جزأ واحدا من اثنى عشر من البعد المفروض

(فى معرفة أعماق الآبار وعروض الانهار واتجاه جريان مياهها)

يمكن حل هذه المسائل أيضا بواسطة الاسطرلاب ولكن رأينا صرف النظر عن ذكر ذلك هنا (١)

(١) لعل المؤلف الهمام صرف النظر عن ذكر ذلك فى هذا المقام اعتمادا على سهولة تلك العمليات واكتفاء بما هو آت قال بهاء الدين العاملى فى الخلاصة فى تعيين عروض الانهر ونحوها (قف على أحد شاطئ النهر وانظر جانبه الآخر من ثقبتى العضادة ثم أدر الى أن ترى شيأ من الارض منهما والاسطرلاب على وضعه فما بين موقفك وذلك الشئ يساوى عرض النهر) اه مترجمه

(فى تعيين سمت القبلة)

اذا أردت تعيين سمت القبلة فى أى بلد كان فأدر العنكبوتة على صفيحة عرض ذلك البلد حتى تقع الدرجة السابعة من برج الجوزاء أو الدرجة الثالثة عشرة من برج السرطان على خط وسط الارض وانقل المرى على محيط الحجرة غربا أو شرقا بقدر الفرق بين طول مكة وطول البلد فيكون غربيا اذا كانت مكة على شرقى البلد وشرقيا ان كانت على غربيه ثم انظر الى قوس دائرة السمت الواقع عليها المرى فتعلم سمت القبلة وخذ من ذلك القوس تمام التسعين تعلم انحرافها على خط نصف النهار وابحث عن المقنطرة المارة بتلك النقطة تعلم درجة ارتفاع الشمس وقت مرورها بسمت رأس مكة ففى ذلك الوقت تكون الشمس على اتجاه القبلة بالضبط لان عرض مكة احدى وعشرون درجة ونصف درجة ومن حيث ان الدرجة السابعة من برج الجوزاء تبعد عن خط الاستواء بقدر احدى وعشرين درجة ونصف أيضا ففى يوم ماتجىء الشمس على الدرجة المذكورة من ذلك البرج ترسم الدائرة اليومية المارة بسمت رأس مكة المكرمة ووقت وجودها فى سمت الرأس المذكور تكون على اتجاه القبلة بالنسبة لجميع بلاد العرض اما شرقا أو غربا بقدر التفاضل بين طول مكة وأطوال تلك البلاد

ولمعرفة أية جهة من الجهات الاربع يقع فيها سمت القبلة بالنسبة الى محل مفروض يلاحظ

أولا — انه اذا كان طول ذلك المحل وعرضه أصغر من طول مكة وعرضها يكون السمت شرقيا شماليا

وثانيا — انه اذا كان طوله أصغر من طولها وعرضه أعظم من عرضها كدار السعادة يكون السمت شرقيا جنوبيا

وثالثا — انه اذا كان طوله أعظم من طولها وعرضه أقل من عرضها يكون السمت غربيا شماليا

ورابعا — انه اذا كان طوله وعرضه أعظم من طولها وعرضها يكون السمت غربيا جنوبيا

وخامسا — اذا تساوى طولهما وكان عرض المحل أعظم من عرضها يكون سمت القبلة على جهة خط نصف النهار الجنوبية

وسادسا

وسادسا ـ اذا تساوى طولهما وكان عرض المحل أقل من عرض مكة يكون السمت على جهة شمال خط نصف النهار

وسابعا ـ اذاتساوى عرضهما وكان طول المحل أصغر من طولها يكون السمت على خط المشرق

وثامنا ـ اذا تساوى عرضهما وكان طول المحل أعظم من طولها يكون سمت القبلة على خط المغرب

فمتى اريد رسم اتجاه القبلة فى أى محل كان على الارض يلزم البحث عن الجهة التى يقع فيها حسب ما قيل ثم يجرى العمل بالطريقة الآتى ذكرها وهى

(فى معرفة وقت وجود الشمس على استقامة القبلة فى أى يوم)

أدر العنكبوتة حتى تقع درجة الشمس فى اليوم المفروض على مقنطرة الافق الشرقى واحفظ الدرجة المبينة بالمرى على محيط الحجرة ثم أدرها مرة ثانية الى أن تجىء درجة الشمس المذكورة على قوس دائرة السمت الذى تقدم تعيينه واحفظ الدرجة المبينة بالمرى على محيط الحجرة ثم اطرح أحد العددين المحفوظين من الآخر وحوّل الفاضل الى ساعات وأضفه الى وقت شروق الشمس فالمجموع يدل على وقت اتجاه ظل شاخص قائم على الافق نحو القبلة

ففى مصر القاهرة	سمت القبلة = ٤٤° ٥٢َ شرقى جنوبى	
	وانحرافها = ٤٥° ٠٨َ من الجنوب الى الشرق	

وفى الدقيقة الاولى بعد الساعة الحادية عشرة الزوالية صباحا من اليوم الثامن فى مارث الموافقة لثلاث وعشرين دقيقة بعد الساعة الرابعة الغروبية من اليوم المذكور يتجه ظل كل جسم قائم على افق القاهرة نحو سمت القبلة

(فى تعيين الجهات الاربع وسمت القبلة فى أى زمان ومكان)

خذ ارتفاع الشمس وابحث عن سمته الذى يسمى بسمت الوقت ثم ضع الاسطرلاب افقيا بحيث يكون ظهره جهة السماء بأن تركزه على اناء مثل قدح تكون دائرة فمه افقية بالضبط ويعلم ذلك بصب ماء فيه وسيلانه من كل جهة على السواء فان كان سمت الوقت شرقيا شماليا أوغربيا جنوبيا فضع العضادة على درجة ذلك السمت فى ربع المحيط الغربى وان كان السمت شرقيا جنوبيا أوغربيا شماليا فضعها على تلك الدرجة فى الربع

الشرقى ثم حرك الاسطرلاب افقيا الى أن يقع ظل الهدفة على نفس العضادة فنى هذا الوقت يدل خط مشرق ومغرب الاسطرلاب وخط نصف نهاره على خط مشرق ومغرب المحل الذى انت فيه وخط نصف نهاره فاذا رسمت على سطح الارض خطين مستقيمين على اتجاه الخطين المذكورين تكون قد عينت الجهات الاربع واذا أردت اتجاه القبلة بعدذلك فضع العضادة مائلة على خط المشرق والمغرب بقدرسمت القبلة أومنحرفة على خط نصف النهار بقدر انحراف القبلة ثم ارسم على الارض خطا على استقامة العضادة فانه يدل على اتجاه القبلة فى المحل المفروض

(تنبيـــــه)

ينبغى أن لايمضى بين رصد ارتفاع الشمس واجراء هذه العملية وقت اذ التأخر يستدعى الخطأ فى الرسم ومن ثم رجحت الطريقة المتقدم ذكرها على هذه

(فى تعيين البعد بين بلدين واستخراج سمت أحدهما بالنسبة للآخر)

لذلك ثلاث أحوال

الاولى ـ ان يكون البلدان متحـدى الطول ومختلفى العرض ولمعرفة البعـد بينهما تضرب الفرق بين عرضيهما فى $\frac{2}{3}$ ٥٦ فالحاصـل هو بعدهما بالميل (١) وأما السمت فهو بالضرورة خط نصف النهار

الحالة الثانية ـ ان يكون البلدان مختلفى الطول متحـدى العرض فاذا كان العرض

---

(١) اعلم أنه فى العصر الثانى من الميـلاد مسح بطليموس فى صحراء مصر طول الدرجة الواحـدة من قوس دائرة نصف النهار فوجده يساوى $\frac{2}{3}$ ٦٦ ميلا ثم فى سنة ٨٢٧ ميلاديه أى سنة ٢١٠ هجريه أمر الخليفة المأمون باعادة هذه المساحـة ففعل ذلك ابن موسى ومن كان معه من علماء الهيئة فى صحراء سنجار ووجدوا ان طول الدرجة المذكورة يساوى $\frac{2}{3}$ ٥٦ ميـلا ولكن لا يعلم الآن مقدار الميل الذى استعمله بطليموس وأما الميل الذى استعمل فى أيام المأمون فهو على مايظهر الميل المقدر فى كتب الفقه بقولهم (عرض الشعيرة = ٦ شـعرات والاصبع = ٦ شـعيرات والذراع = ٢٤ اصبعا والباع = ٤ أذرع والميل = ١٠٠٠ باع والفرسخ = ٣ أميال)

واذا قاس الانسان عرض شعيرات كثيرة يجد أن متوسط عرض الشعيرة الواحدة بالمتر يساوى ٠٫٠٠٣٥٢٦٤ وعلى ذلك فالذراع يساوى ٠٫٥٠٧٨٠١٦ وربع دائرة نصف النهار المساوى ١٠٠٠٠٠٠٠ متر على حساب الفرنساويين يساوى على حساب العرب ١٠٣٥٩١٥٢ مترا وبالجبر ١٠٣٦٠٠٠٠ فهذا المقدار يزيد عن المقدار السابق بستة وثلاثين فى الالف اهـ

اقل

أقل من ميـل الشمس الكلى فابحث عن درجة الميـل على دائرة البروج المساوية للعرض المذكور وضعها على خط وسط السماء وان كان أعظم منـه فابحث عن نقطة العنكبوتة البعيدة عن معـدّل النهار بمقدار العرض وضـعها على خط وسـط السماء أيضا وفى كلتا الحالتين احفظ درجة محيط الحجرة المبينة بالمرى ثم أدر العنكبوتة جهـة البلد الآخر الى أن يتجاوز المرى مقدار المحفوظ المذكور بقدر الفاضل بين الطولين واقرأ عدد المقنطرة الذى وقعت عليـه تلك الدرجـة أوالنقطة واطرحه من التسعين ثم اضرب الباقى فى ⅔ ٥٦ فيكـون الحاصل البعدالمطلوب والسمت يعرف من دائرة السمت الواقعة عليها الدرجة أوالنقطة المتقدم ذكرها

الحالة الثالثة ـ ان يكون البلـدان مختلفى الطول والعـرض فاما أن يكون أحـد العرضـين أوكل منهما أقل من ميـل الشمس الكلى واما أن يكون أحدهـما أوكل منهما أعظم منه ففى الحالة الاولى افصل من دائرة البروج قوسا يعادل أقل العرضين وضع درجتـه فوق صفيحة العرض الاكبر على خط وسـط السماء وفى الحـالة الثانية ابحث عن نقطة العنـكبوتة البعيدة عن معدّل النهـار بقدر أقل العرضين وضعها فوق صفيحة العرض الاكبر على خط وسـط السماء أيضـا واحفظ درجـة المرى المبينة على محيط الحجرة ثم أدر العنكبوتة الى أن يتجاوز المرى مقدار المحفوظ بقدر الفاضـل بين الطولين واقرأ عدد المقنطرة الذى وقعت عليه تلك الدرجـة أو النقطة واطرحـه من التسعين واضرب الباقى فى ⅔ ٥٦ فالحاصـل هو البعد المطلوب و يعرف السمت من دائرة السمت الواقعة عليها الدرجة أوالنقطة المتقدم ذكرها

(فى المطالع الفلكية والبلدية ومطالع النظير ومطالع الوقت)

المطالع الفلكية ويقال لها مطالع الزوال هى المدة التى بين مرور أول الجدى بسطح نصف النهـار وبين مرور الشمس به ولمعرفة المطالع الفلكية لدرجـة مفروضـة تضع هذه الدرجـة على خط وسط السماء وتقرأ الدرجـة المبينة بالمرى على محيط الحجرة من الجهة اليمنى فهى المطالع الفلكية المطلوبة وهى كمية لاتتغير بتغير الآفاق

والمطالع البلدية ويقال لها مطالع الشروق هى المدةالتى بين طلوع رأس الحمل وشروق الشمس ولمعـرفتها تضع درجـة الشمس على الافق الشرقى فبعـد المرى من خط وسط السماء من الجهة اليمنى يدل على المطالع البلدية وهو متغير بتغير العروض واذا وضعت

درجة الشمس على الافق الغربي. فدرجات القوس الذي بين المرى وخط التعليق (خط وسط السماء) بحسابها من الجهة اليمنى تدل على مطالع الغروب وتسمى أيضا بمطالع النظير

واذا أضفت الى الشروق مامضى من النهار أوأضفت الى الغروب مامضى من الليل وجدت مطالع الوقت وتسمى بمطالع الطالع أيضا وليلاحظ ان مبدأ المطالع الفلكية عبارة عن نقطة الانقلاب الشتوي ومبدأ المطالع البلدية عبارة عن نقطة الاعتدال الربيعي

(في طالع المعين وطالع المولود وطالع السنة وطالع العالم وتسوية البيوت الاثنى عشر)

لايسعنا الا ان نضرب صفحا عن هذه المسائل وما يشاكلها لانها مبنية على القول باحكام النجوم وهو كما لايخفى عار عن الصحة بالكلية ومن يشتغل بالكتب المذكورة فيها هذه المسائل فلا يحصل منها الا على أمور واهية لاتجديه شيأ واذن فالاشتغال بها ضرب من العبث

وطريقتهم في ذلك لتكون على بصيرة من الامر أنه اذا ولد مولود مثلا يؤخذ ارتفاع الشمس أوكوكب لتعيين لحظة الولادة بالضبط فدرجة البروج التي تكون على الافق الشرقي في تلك اللحظة تسمى بالطالع والتي توجد على الافق الغربي تسمى بالغارب أوالسابع والتي في وسط السماء يقال لها العاشر والتي في وتد الارض يقال لها الرابع وهذه الدرجات هي مبادى الاولى والرابعة والسابعة والعاشرة من خانات البيوت الاثنى عشر وكم من أمر في الخانات الثمان الباقية فبعد أخذ الطالع تعين الكواكب المشهورة التي توجد فيها اذ ذاك بواسطة الازياج ثم يبحث في هذه الكتب الخرافية عن حال كل كوكب فيزعمون ان الكوكب الفلاني اذا وجد في المحل الفلاني يكون نحسا أوسعدا وغير ذلك من الجمل الخالية عن المعاني الصحيحة ويستنبطون منها النتائج الفاسدة التي أنكرها الشرع وهجن الاشتغال بها

وقد بين تعالى الامور الغيبية الخمسة التي استأثر سبحانه بعلمها فقال في كتابه الكريم في آخر سورة لقمان (ان الله عنده علم الساعة وينزل الغيث ويعلم مافي الارحام وما تدري نفس ماذا تكسب غدا وما تدري نفس بأي أرض تموت) فاذا كان القرآن الكريم يخبر بأن معرفة هذه الامور ليست في طوق البشر فكيف نقبل من واضعي

وغير

تلك الاباطيل قولهم مثلا ستكسب كذا غـدا ولا تتوجه الى المحل الفلانى لئلا تهلك وغير ذلك من الاخبار التى طالما كذبها العيان وهو أقوى برهان

والحاصل ان الاشتغال بتلك المسائل التى لا برهان لها صحيح والاعتقاد بأن ذلك يكشف حجاب الغيب ضرب من الشرك بالله روى أنه لما توفى ابراهيم بن النبى عليه الصلاة والسلام انكسفت الشمس وكان بعضهم يرى أنها انكسفت لاجل موته فبلغ ذلك النبى عليه الصلاة والسلام فقال (ان الشمس والقمر لا ينكسفان لموت أحد ولا لحياته) وجاء فى الحديث القدسى (أصبح من عبادى مؤمن بى وكافر بى فأما من قال مطرنا بفضل الله ورحمته فذلك مؤمن بى كافر بالكواكب وأما من قال مطرنا بنوء كذا فذلك كافر بى مؤمن بالكواكب) ومعنى ذلك أن المؤمن بالله ينكر تأثير الكواكب والكافر يسند المطر الى تأثيرها (١) ونتيجة ما تقدم أن لا تأثير للشمس والكواكب فى الامور العالمية من مثل موت انسان أو حياته أو وقوع خير أو شر فى جهة من الجهات بل هى من ضمن المخلوقات الواقع عليها تأثير الفاعل المختار سبحانه وتعالى نعم ان للسيارات تأثيرا طبيعيا بعضها على بعض بالنسبة لاحجامها وكثافتها ونحو ذلك وهو ناتج عن الجاذبية العامة كما هو مشروح فى علم الهيئة ولكن هذه التأثيرات لا تعلق لها البتة بأحوال العالم

ويعلم من كتب التاريخ ان الله سبحانه وتعالى أوحى الى موسى عليه وعلى نبينا أفضل الصلاة والسلام أن يعدم كل من اشتغل من أمته بهذا التمويه وادعى الاخبار عن الغيب ومما يوجب الاستغراب ان جميع الانبياء عليهم السلام شمروا ساقهم لمنع من يشتغل من أممهم بتلك الافكار الواهية فلم يتيسر لهم منعهم منعا كليا مع ان كل من يكون له أدنى المام بعلم الهيئة يعلم ان لا تأثير للكواكب فى أمور العالم

(كلام على بعض الاسطرلابات)

(١٤٨) لما كان الاسطرلاب من أدل العلامات على رسوخ قدم المتقدمين فى العلوم كان له شأن عظيم عند علماء أوروبا ولا سيما المشتغلين بالكشف عن الدرجة التى وصلت اليها العلوم الشرقية ولذلك تراهم يبحثون عن أحوال هذه الآلة ويجتهدون فى تعيين تاريخ اصطناعها

---

(١) راجع فصل ابطال صناعة النجوم من مقدمة تاريخ المتفنن عبد الرحمن بن خلدون

ويوجد منها عدة فى أوروبا . أولها الاسطرلاب الذى بكتبخانة باريس مكتوب عليه ان أحمد بن خلف صنعه برسم جعفر ابن المكتفى بالله ولم يذكر التاريخ ولكن من المعلوم ان المكتفى بالله هو من خلفاء العباسيين وكان حاكما ببغداد فى سنة ٢٩٥ هجرية مذ كان عمره ٣٣ وبقى حاكما فيها مدة سبع سنين وكان له من الاولاد ثمانية ذكور وثمان اناث ولا بد أن يكون هذا الاسطرلاب صنع لاحد اولاده المسمى بجعفر فيمكن القول بالتخمين ان تاريخ صناعته كان قريبا من سنة ثلثمائة وعشرين

وهذا الاسطرلاب يشتمل على أربعة ألواح على وجهى كل منها رسوم فيكون فيه ثمان صفائح ولكن لاتوجد دوائر السموت الاعلى الصفيحة الثالثة ولا يوجد على الاخرى الا المقنطرات وخطوط الساعات والقطران المتقاطعان ويرى من رسوم هذا الاسطرلاب ان صناعة عمله كانت متأخرة فى ذلك العهد ولم تتقدم الا بعده

وفى عنكبوتته البروج الاثنا عشر وشظايا سبعة عشر كوكبا وهى (١) رأس الحوا و (٢) النسر الطائر و (٣) المنكب و (٤) الرامح و (٥) الفكه و (٦) الواقع و (٧) الردف و (٨) رأس الغول و (٩) العيوق و (١٠) الكف الخضيب و (١١) قلب الاسد و (١٢) الشعرى الشامية و (١٣) منكب الجبار و (١٤) الدبران و (١٥) (الشعرى) اليمانية و (١٦) رجل الجبار و (١٧) قلب العقرب

وأما عروض الصفائح فهى دقيقة ثانية

(١) عرض مكه كا ساعات ٥ يج يج	(٥) عرض لد
(٢) « كد « « « ل	(٦) « لو
(٣) «كطيه كز « « يد ٠	(٧) « اط ساعات ٥ يه
(٤) « لا « « « و	(٨) «حران لز ساعات ٥ يد لو

وهذا الاسطرلاب يختلف عن الاسطرلابات الآتى بيانها فى درجة الصناعة فان صناعة هذا لم تكن تامة الاتقان كما تقدم ذكره ولذلك ابتدأنا بذكره لتظهر كيفية ترقى هذا الفن عند العرب ووقت ابتداء الترقى

وثانيها — اسطرلاب موسيو مارسل قطر دائرته يساوى ثلاثة أصابع فرنساوية وتاريخه (خيه) أى ٦١٥ هجرية وصانعه أبو بكر بن يوسف المراكشى وعليه كتابة بالخط الكوفى وهذا الاسطرلاب مع صغر حجمه يحتوى على رسوم عديدة فى غاية من

الاتقان وهو يشتمل على أربعة ألواح وهى عبارة عن ثمان صفائح رسمت لعرض مكة والمدينة وسبتة والمرية واشبيلية وقرطبة وطليطلة وسرقسطة وفى عنكبوتته شظايا أحد وعشرين كوكبا

وثالثها ـ اسطرلاب الموسيو دورن الذى شرحه فى رسالة قدمها الى دار فنون بطرسبورغ وهذا الاسطرلاب محفوظ جيدا صنع فى العصر الثانى من الميلاد ثم شرح الموسيو المذكور فى رسالته أسطرلابا آخر موجودا بكتبخانة بطرسبورغ الملوكية وهو مصنوع من خشب مكتوب عليه عبارة باللغة الفرنساوية يفهم منها انه صنع لاجل القنبليين العثمانيين بعد سنة ١٧٣١ ميلادية

واسطرلاب الموسيو دورن المذكور قد اشتراه موسيو موخلنسكى فى حلب من الشيخ عبد الله الطرابلسى وهو مصنوع من نحاس أصفر وفيه سبعة ألواح أعنى أربع عشرة صفيحة لعروض سرنديب وبغداد وغيرهما الى عرض ٥١ درجة وعنكبوتته تحتوى على زيادة عن عشرين شظية من شظايا الكواكب وقال بائعه ان هذا الاسطرلاب كان للعالم الشهير نصير الطوسى ولكن لم يقم على صحة هذا القول دليل

ورابعها ـ الاسطرلاب الموجود فى كتبخانة فرانسا وعليه هذه العبارة (صنع هذه الصفيحة محمد بن فتوح الخمايرى بمدينة اشبيلية عمرها الله فى سنة خيه الهجرة) (١)

وخامسها ـ الاسطرلاب الذى وجده الموسيو ترومار مكتوب على احدى جهتى كرسيه (الجامعة للاعمال والعروض صنعها واستدرها على بن ابراهيم المطعم) وعلى الجهة الاخرى (الشيخ على بن محمد الدربندى عفا الله عنه فى سنة ذلح ٧٣٨) وفى عنكبوتته شظايا لثمانية وخمسين كوكبا

وسادسها ـ الاسطرلاب الموجود بكتبخانة برلين مكتوب عليه بالخط الكوفى (عمل محمد بن الصال بمدينة طليطلة فى سنة عشرين واربعمائة) وعلى عنكبوتته ٢٩ شظية وفيه تسعة ألواح مرسوم على وجهى ثمانية منها ستة عشر مقنطرة وعلى وجهى التاسعة صفيحتان موضعيتان لعرضين مختلفين وصفائح المقنطرات المذكورة هى لعروض البلاد الآتية (١) جزيرة سرنديب أى جزيرة الياقوت و (٢) غانه و (٣) صنعا و (٤) سبا و (٥) مكة و (٦) المدينة و (٧) القلزم و (٨) مصر و (٩) القيروان

---

(١) ان صانع الاسطرلاب الذى بالهندخانة هو نفس صانع هذا الاسطرلاب وصنع هذا بعد ذلك بسنتين

و(١٠) سرّ من رأى و(١١) سمرقند و(١٢) قرطبة و(١٣) طليطلة و(١٤) سرقسطة و(١٥) القسطنطينية و(١٦) آخر العمران ومبين فيها أطول نهار لكل من هذه الجهات ولكن فى عروضها سهو بقدر أربع درجات

وسابعها وثامنها ــ اسطرلابان موجودان فى أنتيكخانة اسبانيا مرسومان فى الكتاب الفرنساوى المسمى بتمدن العرب (١)

وتاسعها ــ الاسطرلاب الموجود فى كتبخانة لوندره وهو فى غاية من الاتقان صنع لاجل حسين خان من صفويه

وعاشرها ــ الاسطرلاب المحفوظ بكتبخانة مهندسخانة الاستانة وقد سبق تفصيله

وحادى عشرها ــ الاسطرلاب الذى وجدناه بالقاهرة وقت طبع هذا الكتاب وهو مصنوع بدار السعادة وقد سبق الكلام عليه أيضا

وأكثر هذه الاسطرلابات مكتوب عليها بالخط الكوفى ماعدا التى صنعها الترك أو العجم فمكتوب عليها بقاعدة الخط التركى أو الايرانى ويوجد فى بعضها ألفاظ لاتينية كما تقدم بيان ذلك ولا شك انه يوجد اسطرلابات سوى ماذكر فى محلات أخرى

(أسماء الكتب والرسائل التى ألفت فى الاسطرلابات)

(١٤٩) قد ألف فى الاسطرلاب كتب عديدة منها كتاب جامع المبادى والغايات فى علم الاوقات تأليف أبى الحسن المراكشى ألف هذا الكتاب فى سنة ٦٢٧ هجرية وتكلم فيه مؤلفه على علم الحساب والهندسة والهيئة وكيفية رسم الاسطرلاب وهو عربى العبارة موجود منه نسختان بالخط والاشكال احداهما فى كتبخانة استانبول التى بجوار باب حديقة المغفور له السلطان عبد الحميد الاول طاب ثراه والاخرى فى كتبخانة اياصوفية ويوجد غير هذا الكتاب رسائل عديدة فى كيفية استعمال الاسطرلاب باللغات التركية والعربية والفارسية وبعضها مطبوع بل مكتوب بخط التعليق وقلما توجد كتبخانة فى بلاد الاسلام لم يكن فيها رسالة من هذه الرسائل

ودونك أسماء الكتب والرسائل الافرنجية التى تبحث عن هذه الآلة

---

(١) اسم مؤلفه كوستاف لوبون اهـ مترجم

Ptolemaei planisphaerium, Iardani planisphaerium.

Frederici commandini urbinatisin Ptolemaei planisphaerium commentarius. Aldus.

Venetiis. MDLVIII.

Elucidatio fabricae ususque Astrolabii. A Ioanne Stafferino Iustingensi viro germano : atque totius spheris doctissîma nuper ingeaiaque concinnata atque in lucem edita. Oppenheim. 1513.

Bulletin scientifique publié par l'académie impériale des sciences de Saint-Pétersbourg, tome V, 1839 page 81-96. Kurze Nachricht von swei Astrolabien mit morgenlaendischen Inchriften von B, Dorn. (Lu le 19 octobre 1838.)

Ibid. Tome IX, 1842, page 60-73, über ein drittes in Russland befindliches Astrolobium mit morgenlaendischen Inschriften von B Dorn. (Lu le 14 mai 1841.)

Bulletin de la classe historioue philologique de l'académie impériale des sciences de Saint-Pétersbourg, tome 1[er] 1842, page 353-366, uber ein viertes in Rusland befindliches mit morgenlaendischen Inschriften von B. Dorn. (Lu le 12 janvier 1844.)

Supplément au traité des instruments des Arabes par M. L. Am. Sédillot. (Paris, imprimerie royale MDCCXLIV, page 149-194).

Mélanges asiatiques tirés du Bulletin historico-philologique de l'académie impériale des sciences de Saint-Pétersbourg, tome II., 5[e] livraison 1856, lettre de M. Khanykoff à M. Dorn, page 437 et suiv. (und besonders).

Ibid. Extrait d'une lettre de M. Khanykoff à M. Dorn, page 505 et suiv. (und besonders, page 508 und 509).

Description of a planisphere Astrolab constructed for Shah Sultan Hussein Safavi, king of Persia and now preservet in the British Museum comprising an account of the Astrolabe; generally, with notes illustrating and explanatory: to which are added concise notices of twelve other astrolabes Eastern and European hitherto undescribed. By William H. Marley, London 1856.

Ueber ein in der Kaeniglichen Bibliothek zu Berlin befindliches Arabisches Astrolabium von F. Waepke.

(نبذة تاريخية فى الاسطرلاب)
(وشرح لفظه)

(١٥٠) الاسطرلاب لفظ مركب من كلمتين لاتينيتين (اسطر) بمعنى كوكب وعلى الاصح جرم سماوى و (لابيوم) بمعنى لوحة أو صفيحة وقد خففت الكلمة الثانية فصار الاسم اسطرلاب واستعملها بعضهم بدون تخفيف فقال اسطرلابيوم وهو كما لا يخفى عبارة عن تسطيح هيئة الكرة السماوية على ألواح صغيرة يمكن بواسطتها اجراء الحسابات المتعلقة بالأجرام السماوية وأول من ابتكر هذه الآلة واشتغل بها هو بطليموس الذى عاش بالاسكندرية فى القرن الثانى من الميلاد وبقيت على ما كانت عليه الى زمن المأمون أحد خلفاء العباسيين أى الى المائة الثانية من الهجرة النبوية ولما كان لذلك الخليفة ولوع بالعلوم وشغف بنشرها ولا سيما علم الهيئة كان ذلك من أسباب تقدم هذا العلم وظهر بعد قليل الاحتياج للآلات الرصدية الدقيقة فاشتغل العلماء بتحسين الاسطرلاب واتقان صنعته حتى وصلوا الى عمل اسطرلابات فى غاية من الضبط ولما تقدمت العلوم الرياضية فى بغداد صنعوا بعد ذلك التاريخ بمائة سنة اسطرلاب جعفر بن المكتفى بالله الذى تقدم الكلام عليه فى المادة (١٤٨) ثم استمروا فى تحسينه واشتهرت بغداد ومصر والاندلس بصناعته

ثم لما ظهر مابين السبعمائة والثمانمائة من الهجرة جنكيز وهلاكو وتيمورلنك ومن شاكلهم من الذين خربوا البلاد وأتعبوا العباد وانقرضت الدولة الاندلسية وتجمع أهل الصليب على المسلمين وتفرق الخلفاء والملوك من عدم الاتفاق تخربت مدارس تلك البلاد التى كانت ينبوع العلوم واندرست مدارسها وانمحقت كتبها وأهينت علماؤها ولم يبق شئ من علوم الاعصر الاول فأصبحت نسيا منسيا واستمر هذا الخلل فى الشرق الى أيامنا هذه حيث ضاع شأن تلك الآلات النافعة ولم يبق فيها من يصنعها بل وانمحق منها أكثر الآلات التى صنعت قديما وكذا أسماؤها ولم يبق منها الآن الا القليل فى بعض الكتبخانات على وجه انها أنتيكات

هذا ولم نر فى الرسائل المبينة لاستعمال الاسطرلاب انه استعمل لسير السفن فى البحار مع انه يمكن ذلك بغاية السهولة فاذا أخذ ارتفاع أحد الكواكب التى لها شظايا فى الآلة ووضعت شظيته اما شرقا واما غربا على المقنطرة المقابلة لذلك الارتفاع المرسومة على الصفيحة التى عرضها عرض المكان الذى فيه السفينة فيعلم سمت

الكوكب

الكوكب المذكور ويتيسر حينئذ توجيه السفينة بالنسبة لهذا السمت وقد اطلعنا في قاموس اوبوشيا مارك المساوى في الصحيفة ١٢٤٣ أنه سير فرانس دراقه في سفره الثاني الى أميركا سنة ١٥٧٠ قد استعمل الاسطرلاب لهذا الغرض واسطرلابه موجود الآن في أنتيكخانة غرانويج بلوندره

ويمكن استعمال الاسطرلاب في رسم الخرط أيضا لانه كما يستعمل لاخذ ارتفاعات النقط على سطح الارض ومعرفة التفاضل الذي بين بعضها والبعض الآخر كذلك يمكن استعماله لاخذ البعد بين نقطتين على سطح الافق وحينئذ لا صعوبة في نقل تلك النقط على خريطة ورسم منحنيات ارتفاعها ولاجراء هذا العمل لابد من ثلاثة امور الاول امكان وضع الآلة رأسيا أوافقيا الثاني طريقة يتحقق بها من وضعها الافقي الثالث ابرة مغناطيسية فيها فلاجل وضعها رأسيا تؤخذ عصا في طرفها الاعلى شنكل وتثبت في الارض ويعلق الاسطرلاب في هذا الشنكل بحيث يمكن تحريكه في جميع الجهات ولاجل وضعها أفقيا توضع على ثلاث أرجل ويتحقق من افقيتها بواسطة ميزان التسوية وأما الابرة المغناطيسية فيمكن وضعها على جهة الكرسي التي على ظهر الاسطرلاب هذا ولزيادة الضبط يلزم ان هدفتي العضادة تكونان كبيرتين ويوضع في فتحتيهما شعرتان رأسيتان

الفصل الثاني

(في بيان ربع المقنطرات)

(١٥١) من أشهر ما يستعمله الميقاتيون آلة تسمى بالربع وهي قطعة من خشب مرسوم على وجهيها أشكال مخصوصة ويسمى أحد وجهيها بربع المقنطرات والآخر بالربع المجيب ولنبدأ هنا ببيان الاول فنقول

ربع المقنطرات هو عبارة عن شكل يحتوى على جميع المقنطرات الشرقية المرسومة على الاسطرلاب وقد سبق الكلام عليها تفصيلا فلا حاجة الى تكراره هنا وانما نتعرض لذلك اجمالا فنقول

متى أريد عمل ربع المقنطرات ترسم دائرة المعدل على قطر (ن نَ) (شكل ٨١) تناسب طول الربع المطلوب ثم يرسم بالنسبة لعرض البلد

أولا — المدارات الثلاثة بالطريقة المذكورة في القسم الاول من المادة (١٣٥)

وثانيا ـ المقنطرات والسموت بالطريقة المذكورة فى القسم الثانى والثالث من تلك المادة وقدا كتفينا برسم القليل منها لئلا تزدحم رسوم الشكل

وثالثا ـ دائرة البروج بالطريقة المذكورة فى المادة (١٣٨) مع مراعاة ما بيّن فى تنبيه تلك المادة من وجوب رسمها من خط المشرق الى نقطتى تلاقى خط الزوال بمدار الجدى ومدار السرطان

ورابعا ـ خطوط مغيب الشفق أعنى خطوط العشاء والامساك وصلاة العيد بالطرق المبينة فى المادة (١٣٩) فيرسم لوقت العشاء مقنطرة تحت الافق بقدر ١٧ أو ١٨ درجة ولوقت الامساك مقنطرة تحته بقدر ٥ و ٢١ درجة ولوقت صلاة العيد مقنطرة فوقه بقدر خمس دقائق وتعين مناظر هذه المقنطرات فتحدث الخطوط (ل ل ح) ولكن يلاحظ انه اذا اريد ابقاء الخطين (ل ل) فى موضعيهما وجب جعل الربع عريضا فلاجل ذلك يستحسن تدوير الشكل (ن ى هـَ هـً) حول الخط (ن ى) حتى يقع الخطان (ل ل) فى (لَ لَ)

وخامسا ـ خط الظهر وخطا العصر الاول والثانى أما خط الظهر فيكون (ن ىَ) لانه عبارة عن خط الزوال وأما الخطان الآخران فيرسمان باحدى الطريقتين المذكورتين فى المادة (١٤٠)

وسادسا ـ سمت القبلة فنعينها بالطريقة المذكورة فى المادة (٩٠) ثم نرسم فى (ع) زاوية مساوية لضعفها ونصل نقطة (عَ) الى سمت الرأس (ب) فتحدث نقطة (سَ) نجعلها مركزا ونرسم منها خط سمت القبلة

وسابعا ـ القوس (ى ىَ) الذى هو قوس الارتفاع ونقسمه الى تسعين درجة ونضع عليها الارقام طردا وعكسا وكذلك نقسم القوس (هـ م) بقدر درجاته ونضع عليها أرقامها

وثامنا ـ الظل فبدلا عن ان يبقى الجزء (ن م مَ) خاليا يرسم على محيطه بالطريقة المبينة فى المادة (١٤١) الظلال المبسوطة والمنكوسة وفى أكثر الآلات ترسم الظلال المبسوطة فقط لجميع الاقواس التى أقل من تسعين درجة وقد يرسم فيه أيضا خط العصر الآفاقى الاول والثانى بالطريقة المبينة فى المادة (١٤٢) وميول الشمس بالكيفية المبينة فى مادة (١٤٣) وخطوط الساعات الزمانية الآفاقية المذكورة فى مادة (١٤٤)

لجميع

لجميع هـذه الرسوم يلزم عملها على لوحة منتظمة وبعد اتمامها تقطع على الشكل المبـين فى اللوحة (٣١) ثم يعمـل ثقب دقيق فى المركز (ں) ويوضع فيـه انبوبة من نحاس يمر منها خيط من الحرير معلق فى طرفه شاقول ويعقد على ذلك الخيط خيط من لون آخر يستعمل لبيان النقط يسمى بالمرى هـذا ولما كانت ارباع المقنطرات المتعارفة الآن مرسوما عليها خطوط الامساك والعيد والشفق وسمت القبلة بطريقة يصعب استعمالها فقـد رسمتها انا بطريقـة سهلة الاستعمال عرية عن الاشكال كما سترى

(فى بعض ايضاحات مختصة بكيفية استعمال ربع المقنطرات)

(١٥٢) ان ماذكر فى مادة (١٤٧) من طرق استعمال الاسطرلاب يمكن تطبيقه هنا على استعمال ربع المقنطرات والاكتفاء بما ذكر هنالك ولكن لابأس بالالماع ببعض ايضاحات مقربة للمطلوب ميسرة للمرغوب فوجه اليها الالتفات وتذكر مافات

كما ان درجة الشمس المبينة على دائرة بروج عنكبوتة الاسطرلاب تدور عنـد ارادة العمـل به كذلك فى ربع المقنطرات بوضـع الخيط المعلق فى المركز (ں) على درجـة الشمس وتعين نقطة تلاقيه بها ثم يحرك الخيط فالنقطة المذكورة أى المرى ترسم مدار الشمس فى اليوم المفروض

واذا وضـع المرى على الافق فالخيط يلاقى قوس الارتفـاع فى نقطـة تبعـد عن خط الزوال بقـدر درجات نصف قوس النهار واذا وضع على خط صـلاة العيد فالخط يلاقى قوس الارتفاع أيضا فى نقطـة تبعـد عن خط الزوال بقـدر الدرجات التى بين وقت الزوال وصلاة العيد ثم اذا وضع على خط سمت القبلة تحدث زاوية بين الخيط وخط الزوال مساوية للبعد بين الزوال والشمس عند ماتكون فى سمت القبـلة واذا وضع على خط العصر الاول تحدث زاوية بين الخيط وخط الزوال مساوية للبعد بين الزوال والعصر الاول وكذلك اذا وضع المرى على خط العصر الثانى تحدث زاوية بين الخيط وخط الزوال مساوية للبعد بين الزوال والعصر الثانى

فاذا حوّلنا بعـد ذلك جميع تلك الكميات القوسـية الى كميات زمانية بحساب أربع درجات لكل دقيقـة زمانية وخمس عشرة درجة لكل ساعة وطرحنا مايحدث لوقت صلاة العيد أو لتعيـين جهـة القبلة من وقت الزوال أوضممنا مايحدث لوقت العصر الاول أوالثانى الى وقت الزوال نعلم جميع الاوقات المذكورة

وأما وقت الزوال نفسه فحيث انه عبارة عن مدة نصف الليل يمكن معرفته بالساعات الغروبية من تحويل نصف قوس النهار الى كمية زمانية وطرحها من ١٢ و بتضعيف هذه الكمية تعلم مدة الليل وانتهاؤه يعلم من وقت شروق الشمس

ولمعرفة وقت العشاء ووقت الامساك يوضع المرى على درجة الشمس و يحرك حتى يقع على خط العشاء فالقوس الذى بين الخيط وخط الزوال يكون مساويا للبعد بين وقت العشاء ونصف الليل و يوضع المرى على خط الامساك يكون القوس الذى بين الخيط وخط الزوال مساويا للبعد بين نصف الليل ووقت الامساك وحيث ان وقت العشاء يقع قبل نصف الليل ووقت الامساك بعده فبعد تحويل الاقواس المذكورة الى كميات زمانية يلزم فى الحالة الاولى طرحها من وقت الزوال وفى الثانية ضمها اليه

والحاصل ان خط الزوال يعتبر مبدأ لاستخراج جميع الاوقات فلاجل تعيين الاوقات النهارية التى قبل الزوال تحول أقواسها الى كميات زمانية وتطرح من وقت الزوال ولتعيين الاوقات النهارية التى بعده تضم تلك الكميات اليه وكذلك لاستخراج الاوقات الليلية كالعشاء والامساك يعتبر خط الزوال خط نصف الليل و يؤخذ مبدأ ويعين الوقت الذى قبل نصف الليل بطرح محوّل قوسه من وقت الزوال و يعين الوقت الذى بعد نصف الليل بضم محوّل قوسه الى وقت الزوال

ويمكن استعمال الربع أيضا لاخذ ارتفاع الشمس واستخراج فضل الدائر لتصحيح الساعات وكيفية ذلك أن يمسك الربع عموديا على الافق و يوجه حرفه العارى عن الهدفة نحو الشمس ويحرك رويدا رويدا حتى يستتر ظل الهدفة العليا الهدفة السفلى فالقوس الذى بين الخيط وخط المشرق أى القوس الخارج من الخيط والمنتهى الى حرف الربع الخالى عن الهدفة يكون عبارة عن درجات ارتفاع الوقت و ينتج من ذلك أنه اذا وضع المرى على درجة الشمس فى اليوم المفروض وحرك الخيط الى أن يجئ المرى على مقنطرة درجة ارتفاع الوقت فالزاوية الحادثة بين الخيط وخط الزوال تكون عبارة عن فضل الدائر فان كان الارتفاع شرقيا يطرح من وقت الزوال وان كان غربيا يضم اليه فتعلم ساعة الوقت و يلزم للتمكين اسقاط ثمان دقائق

وأما كيفية استعمال الرسوم الاخرى التى على الربع كخط العصر الآفاقى وخطوط الساعات الزمانية الآفاقية فقد سبق ذكرها فيما تقدم فلا داعى الى الاعادة وقد ضربنا صفحا عن ذكر كثير من المسائل المختصة بهذه الآلة لاستفاضتها أولقلة افادتها

وقد

وقد افرد لهذه الآلة كثير من الرسائل العربية والفارسية وقد ترجم بعضها الى التركية أحد أهل كدوس وطبعها فمن أراد الاطلاع على ماتركناه من المسائل فعليه (بترجمة الكدوسى) المذكورة وهى بهذا الاسم مشهورة

(القسم الثانى)

(فى جيوب الزوايا وحل المسائل)

(الفصل الاول)

(فى بيان الربع المجيب)

(١٥٣) الربع المجيب ويقال له ربع الدستور هو عبارة عن الرسوم التى تراها فى الشكل (٨٢) على الوجه الثانى من ربع المقنطرات وقد عرفت فيما تقدم انه يرسم على أحد ارباع الاسطرلاب وهو مخترع فى خوارزم ولكن لايعلم وقت اختراعه ويظهر أن علماء الاسلام من أهل الرصد كانوا يستعملونه قديما لتعيين الاوقات الشرعية كأوقات الصلاة وما يتعلق بها كتعيين عروض البلدان ثم استعملوه فيما بعد لحل المسائل التى تحل الآن بواسطة الجداول اللوغاريتمية ومن العجب أن الاولين اخترعوا هذه الآلة بمجرد العلوم القديمة أى قبل اختراع الهندسة الوصفية والاشارات الجبرية التى بواسطتها تسهل البراهين والمباحث المتعلقة بها وقد اطلعت على نحو عشرة من الكتب والرسائل المختصة بهذه الآلة فلم أجد فيها سوى أسماء الخطوط وكيفية العمل بها وجميع المسائل المذكورة فى تلك الكتب محلولة كلها بجمل قولية لا اشارات جبرية ولذلك يصعب على القارئ فهمها من أول وهلة مع أنها عبارة عن قوانين من علم الهيئة ومن حساب المثلثات متولدة من الارتباطات التى بين اضلاع مثلثات مستوية مفروضة داخل كرة وزواياها كما سنبين ذلك فى الفصل الرابع ولم نجد مايدل على حل المثلثات الكروية التى يمكن فرضها على سطح الكرة

والحاصل ان الربع المجيب آلة ذات شأن اخترعت بواسطة الهندسة الاقليدسية فقط ويمكن بواسطتها حل جميع المسائل المتعلقة بالجيب وتمام الجيب والمماس وتمام المماس والسهم وتمام السهم بدون ان ينشأ عن ذلك خطأ ما واذا نشأ فلا يتجاوز خمس دقائق وسنشرح هذه الآلة فى الفصول الآتية فنبين أولا القواعد المبنى عليها

رسمها وثانيا عمليات الجمع والطرح والضرب والقسمة والترفيع والتجذير التى يمكن اجراؤها على جيوب الزوايا وتمامها ومماساتها وتمامها وأسهمها وتمامها وثالثا كيفية تطبيق القوانين الحديثة على المسائل التى كانت تحلها علماء العرب بالجمل القولية كالمسائل المتعلقة بالاوقات الشرعية

(الفصل الثانى)

(فى كيفية رسم ربع الدستور وبيان أسماء خطوطه)

(١٥٤) تؤخذ لوحة من معدن أومن خشب مستوية السطح سمكها سنتيمتر ونصف أوسنتيمتران ويرسم عليها الخطان العموديان (ب ح) و(ب د) شكل (٨٢) وتفرض نقطة (ب) مركزا ويرسم منها ربع الدائرة (ح د) المسمى قوس الارتفاع أوالربع أوربع المحيط

ثم يقسم نصفى القطرين (ب ح) و(ب د) الى ستين قسما أقساما متساوية ويرفع من كل قسم عمود ينتهى الى ربع المحيط فهذه الاعمدة تبين جيوب الزوايا وتمامها وحينئذ يسمى نصف القطر (ب د) (الذى فى جهة اليسار) بالستينى والخطوط العمودية عليه تدل على الجيوب المبسوطة ويسمى نصف القطر (ب ح) (الذى فى الجهة اليمين التى فيها الهدفتان) الجيب التام أوجيب التمام والخطوط العمودية عليه أى الموازية للستينى تدل على الجيوب المنكوسة

وحيث ان الجيوب المبسوطة موازية لخط جيب التمام فطول كل منها يقرأ على الخط المذكور وكذلك حيث ان الجيوب المنكوسة موازية للستينى فطول كل منها يقرأ عليه

وبعبارة أخرى الارقام التى على خط جيب التمام تدل على أطوال الجيوب المبسوطة الموازية له والارقام التى على الستينى تدل على أطوال الجيوب المنكوسة الموازية له وعلى ذلك فالجيوب المبسوطة للزوايا تكون عبارة عن تمام جيوبها وجيوبها المنكوسة تكون عبارة عن جيوبها والنقطة (ح) تسمى أول القوس والنقطة (د) انتهاء القوس ويقسم الربع الى درجات وان أمكن فالى انصاف درجات أوارباع درجات وتكتب أعدادها من خمس درجات الى خمس درجات من (ح) الى (د) اما بالارقام واما بحروف الجمل وتسمى بالاعداد المستوية ومن (د) الى (ح) وتسمى

حينئذ بالاعداد المعكوسة ثم يكتب كذلك على (ب ح) و (ب ء) أى على الستينى وعلى خط جيب التمام أعدادها بتلك الكيفية أى مستوية ومعكوسة فالاعداد المكتوبة من (ب) الى (ح و ء) تسمى بالاعداد المستوية والاعداد المكتوبة من (ح و ء) الى (ب) تسمى بالاعداد المعكوسة وسيرد عليك فيما يأتى استعمال هذين اللفظين كثيرا فتحقق من معناهما الآن حتى لايكون للالتباس امكان

ونصف الدائرة (ن ك) المرسومة على الستينى (ب ء) يسمى التجويب الاول ونصف الدائرة (نَ كَ) المرسومة على جيب التمام (ب ح) يسمى بالتجويب الثانى وربع المحيط (هـ هـَ) يسمى بالميل الاعظم وستعرف وجه هذه التسمية فى فائدة المادة الآتية وفى المادة (١٧٠) والخط المنحنى (ح لَ ل) يسمى بخط العصر الاول وسنبين كيفية رسمه فى المادة (١٨٠)

والخط (ب ع) هو خيط يمر بالمركز (ب) ومعلق فى طرفه الشاقول (ع) ويلف على الخيط قطعة صغيرة من خيط ذى لون آخر كما ترى فى (م) يمكن تحريكها على (ب ع) لبيان النقطة المطلوبة

(ملحـوظ)

بدلا من تقسيم نصفى القطرين (ب ح) و (ب ء) الى ستين قسما أقساما متساوية يمكن تقسيمهما الى تسعين قسما كذلك ففى هذه الحالة يسمى الضلع (ب ء) بالتسعينى وبدلا من اجراء التقسيمات بهذه الكيفية يمكن من كل درجة من درجات ربع المحيط انزال عمود على كل من نصفى القطرين المذكورين وبذلك يعلم جيب كل درجة وتمام جيبها ولكن يحدث من ذلك صعوبة فى العمل وهى ان الاعمدة النازلة على جيب التمام من نقط الربع القريبة من أول القوس يتقارب بعضها من بعض جدا وكذلك الاعمدة النازلة على الستينى من النقط القريبة من منتهى القوس فلهذا أبقينا الآلة على ما كانت عليه قديما ورسمناها بتقسيم كل من الضلعين (ب ح) و (ب ء) الى ستين قسما أقساما متساوية

(فى كيفية ايجاد جيب زاوية مفروضة وتمام جيبها وبالعكس)

(١٥٥) عد من أول القوس (ح) بقدر درجات الزاوية المطلوب جيبها ولنفرضها مساوية للقوس (ح م) ثم ادخل من نهاية (م) على الستينى بالجيب المبسوط

(م مَ) تجد فى (مَ) العدد المستوى المقابل لطول الجيب المطلوب (ب مَ) وان دخلت من (م) على جيب التمام بالجيب المنكوس (م ط) تجد فى (ط) العدد المستوى المقابل لطول تمام الجيب المطلوب (ب ط)

وللبرهنة على ذلك نقول حيث ان الزاوية المفروضة هى (ح ب م) فلنا فى المثلث (م ط ب) القائم الزاوية

$$\frac{\text{ط م}}{\text{م ب}} = \text{جيب (الزاوية المفروضة)}$$

$$\frac{\text{ط ب}}{\text{م ب}} = \text{تمام جيب (الزاوية المفروضة)}$$

ومنهما

ط م = م ب × جيب (الزاوية المفروضة)

ط ب = م ب × تمام جيب (الزاوية المفروضة)

ومن حيث ان

ط م = ب مَ و م ب = ب ى = ٦٠

تؤل المعادلتان الاخيرتان الى

ب مَ = ٦٠ × جيب (الزاوية المفروضة)

ط ب = ٦٠ × تمام جيب (الزاوية المفروضة)

وهو المطلوب اثباته

وبناء على ذلك اذا قسم الجيب وتمام الجيب المعينان بهذه الكيفية على العدد ٦٠ يخرج الجيب وتمام الجيب المستعملان اليوم فى الجداول للزاوية المفروضة لان هذه الجداول محسوبة بفرض ان نصف القطر يساوى واحدا وأما نصف قطر الآلة فيساوى ٦٠ ولذلك تكون الكميات المستخرجة بواسطة الربع أكبر من الكميات المستخرجة من تلك الجداول بستين مرة

والحاصل ان جيب الزاوية (ح ب م) هو العدد المبين على الستينى بالنقطة (مَ) التى هى موقع العمود (م مَ) النازل عليه من نقطة (م) وتمام جيبها هو العدد المبين على جيب التمام بالنقطة (ط) التى هى موقع العمود (م ط) النازل عليه من نقطة (م) فبقراءة الاعداد نجد

جيب (القوس ح م) = ب مَ = ٢٣

تمام جيب (القوس ح م) = ط ب = ٥٥

واذا

واذا زادت الزاوية المفروضة عن تسعين درجة يلاحظ ان جيب أىّ زاوية يعادل تمام جيب تمامها أعنى تمام جيب الزاوية التى يلزم اضافتها اليها ليحصل تسعون درجة ويعادل أيضا جيب متممها أى جيب الزاوية التى يلزم اضافتها اليها ليحصل مائة وثمانون درجة وان تمام جيبها يعادل جيب تمامها ويعادل أيضا تمام جيب متممها بعلامة الناقص وبعبارة أخرى اذا رمزنا للزاوية المفروضة بالحرف (ن) لنا

جيب ن = تمام جيب (٩٠ — ن) = جيب (١٨٠ — ن)

وتمام جيب ن = جيب (٩٠ — ن) = — تمام جيب (١٨٠ — ن)

وعلى ذلك متى كانت الزاوية زائدة عن تسعين درجة تطرح من المائة والثمانين ويبحث عن جيبها وتمام جيبها بمقتضى هذين القانونين

(فائدة)

اذا رسمنا على الستينى نصف الدائرة (ب ى) شكل (٨٢) و(٨٣) فالبعد (ب ع) الذى بين المركز (ب) ونقطة تقاطع الخيط بنصف الدائرة المذكورة يكون مساويا للخط (ب مَ) الذى هو جيب القوس المنتهى فى (م)

برهان ذلك ان المثلثين (م مَ ب) و(ب ع ى) القائمى الزاوية شكل (٨٣) متساويان لان الزاوية (ب) مشتركة بينهما وزاوية (ع) التى رأسها على نصف الدائرة تساوى القائمة (مَ) فتكون (م) مساوية للزاوية (ى) والوتر (ب م) يساوى الوتر (ب ى) لانهما نصفا قطر من الربع المفروض فالضلع (ب مَ) يساوى اذن الضلع (ب ع) وهو المطلوب

والحاصل انه مهما كانت الزاوية المبينة بالخيط فنصف الدائرة المرسومة على الستينى يفصل منه جزأ مساويا لجيب تلك الزاوية ولذلك يسمى نصف الدائرة المذكور بالتجويب الاول وكذلك اذا رسمنا نصف دائرة على الجيب التام فمحيطها يفصل من الخيط جزأ مساويا لتمام جيب الزاوية المبينة بالخيط المذكور ولذلك يسمى نصف الدائرة هذا بالتجويب الثانى وفى استعمال هذين التجويبين أهمية عظمى كما لايخفى

هذا واذا عكسنا المسئلة أى فرضنا الزاوية مجهولة وجيبها أوتمام جيبها معلومين بأن يكون الاول مساويا لثلاث وعشرين والثانى لخمس وخمسين مثلا نبحث عن العدد ٢٣ على

الستينى ونخرج منه على الجيب المبسوط فنلاقى على محيط الربع عدد درجات الزاوية المطلوبة وكذلك نبحث عن العدد ٥٥ على الجيب التام ونخرج منه على الجيب المنكوس فنلاقى على محيط الربع عدد درجات الزاوية المطلوبة واذا كان فى الاعداد المفروضة كسور نبحث عنها بوجه التقريب

(فى كيفية ايجاد مماس زاوية مفروضة وتمام مماسها وبالعكس)

(١٥٦) قد بينا فى المادة (١٤١) انه لابد فى استخراج المماس وتمام المماس بواسطة الآلات الرصدية من فرض قامة لها وكان الاقدمون يقدرونها بالاصابع أو بالاقدام أو باجزائهما فكانوا يقسمونها الى ١٢ أو ٦ وثلث أو الى ٦٠ قسما متساوية وأيا كانت الطريقة المتبعة فى ذلك فانه اذا أريد تحويل المماس أو تمام المماس الى مقاديرهما المستعملة الآن فى الجداول يلزم ان يلاحظ ان القامة المفروضة فى الجداول تساوى واحدا فتكون الاعداد المبينة فى الجداول أصغر من الاعداد المستخرجة بالآلات بقدر مافى قامتها من الوحدات اذا علمت ذلك فسنفرض هنا ان القامة مساوية لاثنى عشر كما كان يفرضها علماء العرب ونبحث بهذا الفرض عن مماس أى زاوية وتمام مماسها

فاذا أردنا معرفة مماس الزاوية (ح ب م) مثلا شكل (٨٣) نضع الخيط (ب ع) على عدد درجاتها المرقوم على محيط الربع ونبحث عن نقطة تقاطع الخيط بالجيب المنكوس الخارج من العدد ١٢ الذى على الجيب التام ولتكن (س) هذه النقطة فالجيب المبسوط المار بهذه النقطة يقطع الستينى فى عدد هو قيمة الظل المطلوب .

برهان ذلك
$$\frac{\text{ص س}}{\text{ص ب}} = \text{مماس}\ (\text{ح ب م})$$

ومنها
$$\text{ص س} = \text{ص ب} \times \text{مماس}\ (\text{ح ب م})$$

وحيث ان
$$\text{ص ب} = ١٢$$

يكون
$$\text{ص س} = ١٢\ \text{مماس}\ (\text{ح ب م})$$

ولكن ص س = ب سَ = ٢ , ٥ تقريبا فهذا العدد هو قيمة الظل بفرض ان القامة تساوى ١٢ واذا أردنا معرفة تمام مماس الزاوية المفروضة نبحث عن نقطة

تقاطع الخيط بالجيب المبسوط الخارج من العدد ١٢ الذى على الستينى ولتكن (صَ) فالجيب المنكوس المار بهذه النقطة يلاقى الجيب التام فى عدد هو قيمة تمام المماس المطلوب لان

$$\frac{\text{ب صَ}}{\text{صَ سَ}} = \text{تمام مماس (ح ب م)}$$

ومنها

$$\text{ب صَ} = \text{صَ سَ} \times \text{تمام مماس (ح ب م)}$$

ومن حيث ان

$$\text{صَ سَ} = ١٢$$

فيكون

$$\text{ب صَ} = ١٢ \text{ تمام مماس (ح ب م)}$$

ونجد بهذه الطريقة أن ب صَ = ٢٩ بفرض ان القامة تساوى ١٢

والحاصل ان لمعرفة مماس زاوية معلومة تضع الخيط على قدر قوسها من أول قوس الارتفاع وتنزل من جيب التمام على الجيب المنكوس المار برقم وحدات القامة المفروضة فتلاقى الخيط فى نقطة تخرج منها على الجيب المبسوط فيلاقى الستينى فى عدد المماس المطلوب ولمعرفة تمام مماسها تنزل من الستينى على الجيب المبسوط المار بعدد وحدات القامة المفروضة فتلاقى الخيط فى نقطة تخرج منها على الجيب المنكوس فيلاقى الجيب التام فى عدد تمام المماس المطلوب

واذا ضربنا المماس وتمام المماس المستخرجين بهذه الكيفية فى ٥ نجد قيمتهما بالنسبة الى قامة تساوى ٦٠ لانا اذا ضربنا ارتفاع المثلث فى ٥ يلزم أن نضرب قاعدته المفروض انها ١٢ فى ٥ أيضا فقيمة المماس تكون حينئذ النسبة التى بين الخط المماس لمحيط الربع المرسوم من آخر الجيب التام وبين هذا الجيب التام الذى صارت قيمته ٦٠ وقس عليه تمام المماس

وسنفرض هذه القامة المنقسمة الى ٦٠ فى جمع المسائل الآتية المختصة بضم المماس وتمام المماس الى الجيب وتمام الجيب أو بطرح بعضها من بعض هذا واذا كان المماس معلوما واريد معرفة زاويته نخرج من الستينى بالجيب المار بقيمة المماس المفروض ان كانت القامة ١٢ أو بخمس قيمته ان كانت القامة ٦٠ ثم نخرج من الجيب التام

بالعدد ١٢ فنلاقى الجيب الاول فى نقطة نضع عليها الخيط وهو يقطع محيط الربع على عدد درجات الزاوية المطلوبة وكذلك اذا كان تمام المماس معلوما نخرج من الجيب التام من قيمة القامة ان كانت ١٢ أو من خمسها ان كانت ٦٠ ثم نخرج من الستينى بالعدد ١٢ ونضع الخيط على نقطة التلاقى فيقطع المحيط على درجة الزاوية المطلوبة

وعند استخراج المماس وتمام المماس للزوايا القريبة من التسعين درجة أو من الصفر يلاحظ أن الخط الخارج من القامة المفروضة ١٢ لا يقطع الخيط داخل الربع ففى هذه الحالة يلزم اخراج خط من نصف القامة أو من ثلثها أو من ربعها حتى يلاقى الخيط داخل الربع ثم يضرب الناتج فى ٢ أو ٣ أو ٤ وكذلك اذا علم المماس وتمام المماس لزوايا من هذا القبيل واريد معرفتها يكفى الاجراء بعكس ما ذكر

واذا كانت الزاوية المطلوب معرفتها أعظم من تسعين درجة يلاحظ أن

مماسها = تمام مماس (تمامها)

أو = — مماس (متممها)

فيجرى العمل بموجب هذين القانونين كما تقدم فيما يتعلق بالجيب وتمام الجيب

(فى معرفة السهم لقوس أو القوس لسهم)

(١٥٧) من المعلوم ان سهم قوس ما هو عبارة عن البعد بين أحد طرفيه وموقع العمود النازل على نصف القطر المار بالطرف المذكور من الطرف الآخر فيساوى اذن نصف القطر ناقصا تمام جيب القوس المفروض

ليكن (ح م) ذلك القوس شكل (٨٢) و (م ط) العمود النازل من نقطة (م) على نصف القطر (ب ح) فالبعد (ح ط) يكون هو السهم المطلوب وتعلم قيمته من العدد الذى على نقطة تلاقى الجيب المنكوس المار بنقطة (م) والجيب التام واذا كانت الزاوية المطلوب سهمها تزيد عن تسعين درجة فحيث ان سهم التسعين يساوى ستين وسهم الفرق بين تلك الزاوية والتسعين درجة يساوى جيبها فيلزم استخراج هذا الجيب واضافته الى الستين فيكون المجموع هو سهم الزاوية المفروضة

وينتج من ذلك ان النهاية العظمى للسهم بالنسبة الى شكل ربع الدستور هى مائة وعشرون وهو سهم الزاوية التى قيمتها مائة وثمانون درجة وحيث ان سهم كل زاوية أعظم أو أقل من الزاوية المذكورة هو أقل من مائة وعشرين فأية زاوية فرضتها يمكن استخراج سهمها من ربع الدستور

واذا أريد معرفة الزاوية المقابلة لسهم معلوم يبحث عن قيمته على الجيب التام ويخرج منه على الجيب المنكوس فهو يلاقى محيط الربع على درجة الزاوية المطلوبة واذا زاد السهم عن الستين تعتبر الزيادة جيبا ويبحث عن زاويته وتضم الى تسعين درجة فالمجموع هو الزاوية المطلوبة

الفصل الثالث

(فى كيفية اجراء العمليات الحسابية الاربع على جيوب الزوايا وترفيعها وتجذيرها)

(فى جمع وطرح الجيوب وتمامها والماسات وتمامها والاسهم)

(١٥٨) لما كانت الجيوب وتمام الجيوب والماسات وتمام الماسات والاسهم عبارة عن كسور أمكن اجراء العمليات عليها كما تجرى على الكسور فان كان المقام فيها مساويا لستين يكون جمعها أوطرحها على حسب قاعدة جمع أوطرح الكسور المتحدة المقام وان كان المقام فى بعضها يساوى ستين وفى البعض الآخر يساوى اثنى عشر يضرب هذا المقام فى ٥ لجعله ستين ويجرى العمل كما ذكر

(فى كيفية استعمال ربع الدستور لضرب جيب فى جيب اخر واستخراج الزاوية المقابلة لحاصل الضرب)

(١٥٩) ليكن المطلوب ضرب جيب الزاوية (ں ب كَ) شكل (٨٤) فى جيب الزاوية (ى ب كَ) أعنى

جيب (ں ب كَ) × جيب (ى ب كَ)

فلاجل ذلك نضع الخيط (ب ں) على قوس احدى الزاويتين (ں ب كَ) مثلا ونعلم بالمرى النقطة (ل) التى هى نقطة تقاطع الخيط بالتجويب الاول (و يمكن أيضا وضع الخيط على الستينى وتعيين النقطة (ل) التى هى جيب النقطة (ں) ثم نضع الخيط على قوس الزاوية الاخرى (ى ب كَ) فى (ب ى) فيجىء المرى فى النقطة (هـ) التى على الجيب المبسوط (ع عَ) فالمقدار (ب عَ) لهذا الجيب أى العدد الذى فى (عَ) يكون هو حاصل الضرب المطلوب أى أن

جيب (ى ب ح) × جيب (م ب ں) = جيب (ع ب م)

برهان ذلك أنه فى المثلثين المتشابهين (ح ى ب) و (عً هـ ب) لنا

$$\frac{\text{ج د}}{\text{د ب}}=\frac{\text{ع'' ه}}{\text{ه ب}}$$

ومنها

$$\frac{\text{ج د}\times\text{ه ب}}{\text{د ب}}=\text{ع'' ه}$$

ولكن

$$\text{ه ب}=\text{ب ل}=\text{ر ن}$$

و

$$\text{ع'' ه}=\text{ب ع'}=\text{م ع}$$

فتؤل المعادلة الثانية الى

$$\frac{\text{ر ن}}{\text{د ب}}\times\text{ج د}=\text{م ع}$$

وبقسمة الطرفين على د ب

$$\frac{\text{ر ن}}{\text{د ب}}\times\frac{\text{ج د}}{\text{د ب}}=\frac{\text{م ع}}{\text{د ب}}$$

ولكن

$$\text{ب د}=\text{ن ب}=\text{ع ب}$$

فيكون

$$\frac{\text{ر ن}}{\text{ن ب}}\times\frac{\text{ج د}}{\text{د ب}}=\frac{\text{م ع}}{\text{ع ب}}$$

ولكن

$$\frac{\text{ر ن}}{\text{ن ب}}=\text{جيب (ن ب ر)}$$

و

$$\frac{\text{ج د}}{\text{د ب}}=\text{جيب (د ب ج)}$$

و

$$\frac{\text{م ع}}{\text{ع ب}}=\text{جيب (ع ب م)}$$

فاذن يكون

$$\text{جيب (د ب ج)}\times\text{جيب (ن ب ر)}=\text{جيب (ع ب م)}$$

وهو المطلوب

(خلاصة العمل)

متى أردت ضرب جيب زاوية فى جيب زاوية اخرى ضع الخيط على قوس احدى الزاويتين وضع المرى على جيبها ثم انقل الخيط على قوس الزاوية الاخرى فيقع المرى على جيب مبسوط يلاقى الستينى فى نقطة عددها المستوى هو حاصل الضرب المطلوب وان أردت دلالة هذا الحاصل على جيب زاوية أى أن يكون

جيب ب × جيب ح = جيب س

فتعلم الزاوية س من العدد المستوى المبين على محيط الربع بالجيب المبسوط المار تحت المرى وان أردت دلالته على تمام جيب زاوية أى أن يكون

جيب ب × جيب ح = تمام جيب س

فتعلم الزاوية س من العدد المعكوس المبين على محيط الربع بالجيب المبسوط المتقدم ذكره

وان أردت ضرب جيب زاوية فى تمام جيب زاوية اخرى فضع الخيط على قوس الزاوية الاولى واجعل المرى على جيبها ثم انقل الخيط على قوس الزاوية فيقع المرى على جيب منكوس وهو يلاقى الجيب التام فى نقطة عددها المستوى هو حاصل الضرب المطلوب وان أردت دلالة هذا الحاصل على جيب زاوية فتعلم هذه الزاوية من العدد المعكوس المبين على محيط الربع بالجيب المنكوس الذى تحت المرى وان أردت دلالته على تمام جيب زاوية فتعلم هذه الزاوية من العدد المستوى المبين على المحيط بالجيب المنكوس المذكور ويمكن أيضا اجراء عملية الضرب هذه بطريقة اخرى وهو أن يلاحظ ان تمام جيب أىّ زاوية يساوى جيب تمامها أعنى أن تمام جيب هـ = جيب (٩٠ — هـ) فيكفى اذن تحويل تمام الجيب المفروض الى جيب ويجرى العمل بضرب جيب فى جيب آخر كما تقدم مثاله وان أردت ضرب جملة جيوب بعضها فى بعض فاضرب الاول فى الثانى ثم اجعل الحاصل جيبا واضربه فى الثالث وهلم جرا فان فرضت

جيب ب × جيب ح × جيب هـ

فاضرب جيب ب فى جيب ح ثم جيب الحاصل فى جيب هـ فما كان فهو الحاصل المطلوب

هذا وان أردت دلالة حاصل ضرب جيبين على مماس زاوية أو تمام مماس زاوية فلاحظ أن طول المماس بالنسبة الى قامة مساوية لستين هو (ب عَ) فعلى ذلك خذ خمس هذا الخط على الستيني ولنفرضه مبينا بالعدد المستوى الذى عند النقطة (عَ) ثم أخرج من هذه النقطة الجيب المبسوط (عَ ع) فهو يلاقى الجيب المنكوس الخارج من نقطة (عً) التى عددها ١٢ على الجيب التام أى على خمسه ولتكن (ع) نقطة هذا التلاقى ثم ضع الخيط على هذه النقطة فى (بَ) وهو يقطع محيط الربع على زاوية (بَ بَ كَ) فعددها المستوى يدل على زاوية المماس وعددها المعكوس يدل على الزاوية (بَ بَ كَ) المقابلة لتمام المماس

برهان ذلك قلنا ان

رن / ون × حد / دب = مع / بع

ولكن

مع = بع = ٥ × بعَ

٥ × ععً = بَ كَ

بع = كَ بَ

فاذن

رن / ون × حد / دب = بَ كَ / كَ ب

ومنها

جيب د ب كَ × جيب ن ب كَ = مماس بَ ب كَ

وهو المطلوب

(تنبيـــــه)

العملية الاخيرة يقال لها تحويل الجيب الى المماس وبناء على ما تقدم اذا أردت تحويل جيب زاوية الى مماس زاوية أخرى وبعبارة ثانيـة متى علمت جيب زاوية وأردت معرفة الزاوية التى مماسها يساوى هـذا الجيب فأفضـل من الستينى طولا يعادل الجيب المذكور واقسمه على عـدد معلوم كخمسة مثلا واقسم الجيب التام على نفس

هذا

هذا العدد وأخرج من الستينى والجيب التام جيبين فهما يتلاقيان فى نقطة ثم ضع الخيط على هـذه النقطة فيقطع محيط الربع على قوس يساوى الزاوية المطلوبة أى التى مماسها (بَ كَ) مثلا شكل (٨٤) يعادل الجيب المفروض (عَ ب)

(فى كيفية ضرب تمام الجيوب بعضها فى بعض)

(١٦٠) لضرب تمام جيب زاوية فى تمام جيب زاوية آخر ضع الخيط على قوس احـدى الزاويتين واجعل المرى على تمام جيبها ثم انقـل الخيط على قوس الزاوية الاخرى فيقع المرى على جيب منكوس يلاقى الجيب التام فى نقطة عددها المستوى هو حاصل الضرب المطلوب

وان شئت فلاحظ أن تمام جيب زاوية يعادل جيب تمامها فبناء على ذلك حوّل تمام الجيبين المفروضين الى جيبين وأجر العمل كما تقدّم فى ضرب الجيوب

(فى ضرب المماسات بعضها فى بعض وكيفية استخراج زاوية الحاصل)

(١٦١) اذا أردت ضرب مماس الزاوية (ن ب ك) مثـلا شكل (٨٥) فى مماس زاوية أخرى (ى ب ك) أعنى

مماس (ن ب ك) × مماس (ى ب ك) = مماس س

فأجر العمل هكذا

ضع الخيط (ب ن) على أعظم القوسين فيلاقى فى (مَ) الجيب المنكوس (ص مَ) الخارج من نقطـة (ص) التى على عـدد القامة المفروضـة ١٢ فالجيب المنكوس المذكور هو مماس الزاوية المفروضة ويقطع الخط (ب ىَ) فى نقطة (م)

ليكن (ط) العدد المستوى للجيب المبسوط (م ط) فخذ على الجيب التام بعد ب ل = ب ط وأخرج الجيب المنكوس (ل لَ) وهو يقطع الخيط فى نقطة (لَ) وليكن (لَ ع) الجيب المبسوط المار بهذه النقطة فيلاقى مماس الزاوية المذكورة (ص مَ) فى (ع) ويكون البعد (ص ع) هو حاصل الضرب المطلوب أى مماس س

واذا أردت تعيين الزاوية س فارسم (ب ع) ومدّه الى نقطـة (عَ) تجـد الزاوية المذكورة وهى (عَ ب ك) وان أردت مماسها بالنسـبة الى القامة المفروضـة التى طولها ستون فهو خط (عً ك)

وبرهان ذلك أنه فى المثلثين المتشابهين (مَ ص ب) و (لَ ل ب) لنا

$$\frac{ن َ ص}{ص ب} = \frac{ل َ ل}{ل ب}$$

ومنه

$$\frac{ن َ ص}{ص ب} \times ل ب = ل َ ل$$

ومن حيث ان

$$ل ب = ب ط = ن ص$$

$$ل َ ل = ع ص$$

فيكون

$$\frac{ن َ ص}{ص ب} \times ن ص = ع ص$$

وبضرب الطرفين في $\frac{١}{ص ب}$ يحصل

$$\frac{ن َ ص}{ص ب} \times \frac{ن ص}{ص ب} = \frac{ع ص}{ص ب}$$

أعني أن

مماس (ن ب ك) مماس (ى ب ك) = مماس (ع َ ب ك)

وهو المطلوب

واذا أردت بيان الحاصل المذكور بتمام المماس فأجر العمليات المذكورة على الضلع (ك َ ب) فتجد ان ذلك الحاصل يساوى تمام مماس الزاوية (ع َ ب ك َ) واذا أردت بيانه بجيب زاوية أعنى ان يكون

مماس ن ب ك × مماس ى ب ك = جيب س

فارسم القوس (ص ص َ) من المركز (ب) وبالبعد (ب ص) المساوى للقامة المفروضة فيلاقى خط (ل َ ع) فى نقطة (م) ثم صل هذه النقطة بالنقطة (ب) ومد الخط (ب م) فتحدث زاوية (م َ ب ك) تساوى س وان أردت تمام الجيب فخذ الزاوية (م َ ب ك َ) برهان ذلك اننا قلنا ان

$$\frac{ن َ ص}{ص ب} \times \frac{ن ص}{ص ب} = \frac{ع ص}{ب ص}$$

ولكن

ولكن

$$\frac{\text{ع ص}}{\text{ص ب}}=\frac{\text{هـ م}}{\text{م ب}}$$

فيكون

$$\frac{\text{نَ ص}}{\text{ص ب}}\times\frac{\text{ن ص}}{\text{ص ب}}=\frac{\text{هـ م}}{\text{م ب}}$$

ومن المعلوم ان

$$\frac{\text{هـ م}}{\text{م ب}}=\frac{\text{هـَ مَ}}{\text{مَ ب}}=\text{جيب مَ ب ك}$$

فاذن

$$\text{مماس ن ب ك}\times\text{مماس د ب ك}=\text{جيب م ب ك}=\text{تمام جيب مَ ب كَ}$$

وهو المطلوب

(خلاصة العمل)

اذا أردت ضرب مماسى زاويتين أحدهما فى الآخر بواسطة ربع الدستور فضع الخيط على أعظم الزاويتين وخذ على الجيب التام بعدا يساوى مماس الزاوية الصغرى (وهو عبارة عن الجيب المنكوس المحصور بين القامة المفروضة والخيط الموضوع على هذه الزاوية) واخرج على الجيب المنكوس الى أن تلاقى الخيط فى نقطة وانزل على الجيب المبسوط المار بهذه النقطة حتى تلاقى الجيب المنكوس الخارج من القامة المفروضة وضع الخيط على نقطة التلاقى واقرأ على المحيط العدد المستوى فهو يدل على الزاوية التى مماسها يساوى حاصل الضرب المفروض واذا قرأت العدد المعكوس تجد الزاوية التى تمام مماسها يساوى ذلك الحاصل

واذا أردت أن حاصل ضرب المماسين يكون مساويا لجيب أو لتمام جيب فضع الخيط على أعظم الزاويتين واخرج على الجيب المنكوس الذى بعده من المركز يساوى مماس الزاوية الصغرى فتلاقى الخيط فى نقطة فانزل على الجيب المبسوط المار بها الى أن تلاقى محيط قوس الدائرة المرسومة بنصف قطر يساوى القامة المفروضة ثم انقل الخيط الى نقطة هذا التلاقى (ولاجل ذلك يوضع الخيط على الجيب التام والمرى على العدد ١٢ ثم يحرك الخيط على الجهة اليسرى حتى يلاقى الجيب المبسوط المذكور)

واقرأ على المحيط العدد المستوى فتجد الزاوية التي جيبها يساوى حاصل الضرب المفروض وان قرأت العدد المعكوس تجد الزاوية التي تمام جيبها يساوى ذلك الحاصل

واعلم ان هذه العملية تسمى بتحويل المماس الى الجيب ولا يخفى انها لا تصح الا اذا كانت الزوايا أقل من خمس وأربعين درجة لان الزوايا التي أكبر من هذا المقدار مماساتها تكون أكبر من قطر الربع

واذا أريد ضرب جملة مماسات يضرب الاول في الثانى بالطريقة التي ذكرناها فيكون الحاصل مماسا ثم يضرب هذا الحاصل في المماس الثالث ويكون الحاصل مماسا أيضا يضرب في المماس الرابع وهلم جرا الى أن يؤل الامر الى ضرب مماسين أحدهما في الآخر وان وجد في المضاريب تمام مماس يحول الى مماس بقاعدة أن تمام مماس زاوية يساوى مماس تمام تلك الزاوية أى ان تمام مماس ح = مماس (٩٠ — ح)

(في ضرب تمام المماس في مثله)

(١٦٢) يجرى العمل بالطريقة التي ذكرت فيما يتعلق بالمماس ولكن بدلا من اجرائه على الجيب التام يجرى على الستيني ولكن الاوفق تحويل تمام المماس الى المماس وحينئذ يجرى العمل كما تقدم

(في ضرب المماس أو تمام المماس في الجيب أو تمام الجيب)

ليكن المطلوب ضرب مماس (ب) مثلا في جيب (ح) فلذلك طريقتان الاولى ان يحول الجيب الى مماس بالطريقة المذكورة في تنبيه المادة (١٥٩) فيؤل الامر الى ضرب مماسين أحدهما في الآخر أو يحول المماس الى جيب بالطريقة المذكورة في المادة (١٦١) فيؤل الامر الى ضرب جيبين أحدهما في الآخر ولكن لا يمكن ذلك الا اذا كانت الزوايا أقل من خمس وأربعين درجة كما تقدم بيانه والطريقة الثانية أن يلاحظ أن

$$\text{مماس (ب)} = \frac{\text{جيب(ب)}}{\text{تمام جيب (ب)}}$$

فيؤل الامر الى استخراج الكمية

$$\frac{\text{جيب (ب)} \times \text{جيب (ح)}}{\text{تمام جيب (ب)}}$$

او

أو

$$\frac{\text{جيب}(ب)\times\text{جيب}(ح)}{\text{جيب}(٩٠-ب)}$$

وقد تكلمنا على ضرب الجيبين فى المادة (١٥٩) وأما قسمة الجيب على آخر أو على تمام جيب فسنذكرها فى المادة الآتية هذا واذا أريد ضرب تمام المماس فى تمام الجيب أوضرب أحدهما فى المماس أو فى الجيب يحوّلان الى المماس أوالجيب ويجرى العمل كما ذكر

(فى كيفية قسمة الجيب وتمام الجيب والمماس وتمام المماس)

(١٦٣) يوجد جملة طرق لقسمة جيب زاوية على جيب زاوية آخر

(الطريقة الاولى) ليكن المطلوب استخراج الزاوية س بواسطة ربع الدستور(شكل ٨٦) من المعادلة

$$\frac{\text{جيب}(د\ ب\ ل)}{\text{جيب}(ح\ ب\ م)}=\text{جيب}(س)$$

(العمل) ـ ضع الخيط على الستينى وعلم بالمرى على جيب الزاوية التى فى المقام أى ضعه فى نقطة (حَ) مثلا وبعبارة اخرى ضع الخيط على الزاوية المذكورة وعلم بالمرى على نقطة تقاطعه بخيط التجويب ثم حرك الخيط حتى يقع المرى على الجيب المبسوط (دَ دَ) للزاوية التى فى البسط فى نقطة مثل (حً) فتحدث الزاوية (ن ب ع) مساوية لزاوية (س)

(البرهان) ـ لنا فى المثلثين المتشابهين (ن نَ ب) و (حً هـ ب)

$$\frac{ن\ نَ}{ن\ ب}=\frac{هـ\ حً}{حً\ ب}$$

ولكن

$$هـ\ حً=ل\ د$$

$$حً\ ب=حَ\ ب=م\ ح$$

فاذن

$$\frac{ن\ نَ}{ن\ ب}=\frac{ل\ د}{م\ ح}$$

ومن البديهى أن

$$\frac{\text{حـ ب}}{\text{ى ب}} = ١$$

فيمكن أن تكتب

$$\frac{\text{ن نَ}}{\text{ن ب}} = \frac{\text{ل ى}}{\text{م حـ}} \times \frac{\text{حـ ب}}{\text{ى ب}}$$

$$= \frac{\text{ل ى}}{\text{ى ب}} \times \frac{\text{حـ ب}}{\text{م حـ}}$$

$$= \frac{\text{ل ى}}{\text{ى ب}} : \frac{\text{م حـ}}{\text{حـ ب}}$$

$$= \frac{\text{جيب(ى ب ل)}}{\text{جيب(حـ ب م)}}$$

وهو المطلوب

(خلاصة العمل)

اذا أردت قسمة جيب زاوية على جيب زاوية آخر فعلم بالمرى على جيب الزاوية الثانية وحرك الخيط الى أن يقع المرى على الجيب المبسوط للزاوية الاولى واخرج من المحيط الى الستينى تجد العدد المستوى الدال على الجيب المساوى لخارج القسمة

(الطريقة الثانية) ـ ليكن المطلوب (شكل ٨٧)

$$\frac{\text{جيب (حـ ب م)}}{\text{جيب (ن ب ل)}} = \text{جيب (س)}$$

(العمل) ـ ضع الخيط (ب ن) على الزاوية التى فى المقام فيقطع الجيب المبسوط (حـ حـً) للزاوية الاخرى فى نقطة (حـَ) وعلم على هذه النقطة بالمرى وانقل الخيط على الستينى فالمرى يرسم القوس (حـَ ىَ) ويكون البعد (ب ىَ) مساويا لجيب (س)

(البرهان) ـ لنا فى المثلثين المتشابهين (ل ن ب) و (ع حـَ ب)

$$\frac{\text{ب حـَ}}{\text{حـَ ع}} = \frac{\text{ب ن}}{\text{ن ل}}$$

$$\text{بَ ح} = \text{حَ ع} \times \frac{\text{ب ن}}{\text{ن ل}}$$

و بقسمة الطرفين على نصف القطر د ب = ح ب يحدث

$$\frac{\text{ب حَ}}{\text{ب د}} = \frac{\text{حَ ع}}{\text{ب ح}} \times \frac{\text{ب ن}}{\text{ن ل}}$$

ولكن

$$\text{ب حَ} = \text{ب دَ} = \text{هـ د}$$

$$\text{حَ ع} = \text{ب حً} = \text{م ح}$$

فاذن

$$\frac{\text{هـ د}}{\text{ب د}} = \frac{\text{م ح}}{\text{ب ح}} \times \frac{\text{ب ن}}{\text{ن ل}} = \frac{\text{م ح}}{\text{ب ح}} : \frac{\text{ل ن}}{\text{ب ن}} = \frac{\text{جيب (ح ب م)}}{\text{جيب (ن ب ل)}}$$

وهو المطلوب

(خلاصة العمل)

يوضع الخيط على الزاوية التى فى مقام الكسر فيقطع الجيب المبسوط للزاوية التى فى البسط فى نقطة يوضع عليها المرى ثم ينقل الخيط على الستينى فيقع المرى على عدد مستو هو عبارة عن خارج القسمة

(ملحوظ)

لاتستعمل الطريقة المذكورة الا اذا كانت الزاوية التى فى المقام أعظم من الزاوية التى فى البسط لانها اذا كانت أصغر منها فالخيط لايمكن ان يلاقى الجيب المبسوط للزاوية التى فى البسط

(الطريقة الثالثة) ـ ليكن المطلوب (شكل ٨٨)

$$\frac{\text{جيب (هـ ب هـَ)}}{\text{جيب (ن ب نَ)}} = \text{جيب س}$$

(العمل) ـ خذ على الجيب التام بعد (ب د) مساويا لنصف جيب الزاوية التى فى المقام واخرج على الجيب المنكوس (د ع) ثم اخرج من منتصف الستينى (هـَ) على الجيب المبسوط (هـَ ع) فتلاقى الجيب المنكوس فى نقطة (ع) ثم ضع الخيط على هذه النقطة وافصل من الجيب التام بعد (ب عَ) مساويا لجيب الزاوية التى

فى البسط أى مساويا للبعد (ب ڡ َ) ثم اخرج من نقطة (ع َ) على الجيب المنكوس (ع ع َ) فتلاقى الخيط فى نقطة (ع) وانزل منها الى الستينى تجد نقطة (م ً) التى عددها المستوى يدل على جيب (س) المطلوب

(البرهان) ــ لنا فى المثلثين المتشابهين (ع َ ع ب) و (ى ع ب)

$$\frac{ع ع َ}{ع َ ب} = \frac{ح ى}{ى ب}$$

$$و ع ع َ = ع َ ب \times \frac{ح ى}{ى ب}$$

ولكن

$$ع ع َ = م م َ$$

$$ع َ ب = ب ڡ ً = ڡ ڡ َ$$

$$ع ى = ب هـ َ = \frac{1}{2} ب هـ \quad \text{(أى نصف قطر الربع)}$$

$$ى ب = \frac{1}{2} ب ح = \frac{1}{2} ں ں َ \quad \text{(أى نصف الجيب الذى فى المقام)}$$

فبالتعويض يحدث

$$م م َ = ڡ َ ڡ \times \frac{\left(\frac{ب هـ}{2}\right)}{\left(\frac{ں ں َ}{2}\right)} = ڡ َ ڡ \times \frac{ب هـ}{ں ں َ}$$

وبقسمة الطرفين على (م ب) يحصل

$$\frac{م م َ}{م ب} = \frac{ڡ ڡ َ}{م ب} \times \frac{ب هـ}{ں ں َ}$$

ولكن

$$م ب = ڡ ب = ں ب = ب هـ$$

فاذن يكون

$$\frac{م م َ}{م ب} = \frac{ڡ ڡ َ}{ڡ ب} \times \frac{ں ب}{ں ں َ}$$

$$\frac{ڡ ڡ َ}{ڡ ب} : \frac{ں ں َ}{ں ب} = \frac{\text{جيب}(ڡ ب ڡ َ)}{\text{جيب}(ں ب ں َ)}$$

وهو المطلوب

(خلاصة العمل)

خذ على الجيب التام بعدا يساوى نصف الجيب الذى فى مقام الكسر المفروض

واخرج على الجيب المنكوس فتلاقى الجيب المبسوط المار بمنتصف الستينى ثم ضع الخيط على نقطة التلاقى وافصل من الجيب التام بعدا يساوى الجيب الذى فى البسط وأخرج على الجيب المنكوس فتلاقى الخيط فى نقطة تنزل منها على الستينى فتجد جيب خارج القسمة

(ملحوظ) ـ ان الجيب المنكوس الخارج على بعد الجيب الذى فى بسط الكسر لايلاقى دائما الخيط (ب ك) فاذن لايمكن استعمال هذه الطريقة لكل زاوية مفروضة

(الطريقة الرابعة) ـ المطلوب (شكل ٨٩)

جيب (ط ب طَ) / جيب (ٯ ب ٯَ) = جيب س

(العمل) ـ خذ على الجيب التام بعد (ب لَ) = (ب ل) = جيب (ٯ ب ٯَ) واخرج على الجيب المنكوس (لَ هـَ) ثم افصل على الستينى بعد ب هـ = جيب (ط ب طَ) واخرج على المبسوط (هـ هـَ) فتلاقى الجيب المنكوس فى (هـَ) وضع الخيط على هذه النقطة واخرج من منتصف الجيب التام (د) على المنكوس (د م) حتى تلاقى الخيط فى نقطة (م) وانزل منها الى الستينى تجد نقطة (مَ) التى عددها المستوى يساوى جيب (س) المطلوب

(البرهان) ـ لنا فى المثلثين المتشابهين (هـَ لَ ب) و (م د ب)

د م / د ب = لَ هـَ / لَ ب

د م = د ب × لَ هـَ / لَ ب

٢ × د م = ٢ × د ب × لَ هـ / لَ ب

ولكن

د م = ع َع

٢ × د ب = نصف قطر الربع مثل ب ٯ

ل ب = ب ل = ٯَ ٯ

لَ هـَ = ط طَ

فبالتبديل يحدث

٢ × ع عَ = ق ب × (طَ ط) / (قَ ق) = ط طَ × (ق ب) / (قَ ق)

وبقسمة الطرفين على نصف قطر الربع يحصل

٢ × (ع عَ) / (ع ب) = (طَ ط) / (ط ب) × (ب ق) / (قَ ق) = (ط طَ) / (ط ب) : (قَ ق) / (ق ب)

= جيب (ط ب طَ) / جيب (ق ب قَ)

وهو المطلوب

(خلاصة العمل) ـ اخرج من الجيب التام بجيب مقام الكسر ومن الستينى بجيب البسط فتحدث نقطة تضع عليها الخيط ثم تخرج من منتصف الجيب التام فتلاقى الخيط فى نقطة اذا نزلت منها على الستينى تجد جيب الزاوية المطلوبة

(ملحوظ) ـ اذا كان الفرق بين الزاويتين كبيرا جدا فالجيب المنكوس الخارج من منتصف الجيب التام لايلاقى الخيط ففى هذه الحالة لايمكن استعمال هذه الطريقة

(الطريقة الخامسة) ـ بينا فيما سبق كيفية استخراج خارج قسمة جيب على آخر فاذا كان خارج القسمة المطلوب مضروبا فى جيب مثل (شكل ٩٠)

جيب (ى ب ىَ) / جيب (ح ب حَ) × جيب (ه ب هَ) = جيب س

يمكن البحث ابتداء عن حاصل ضرب البسط فى جيب (ه ب هَ) بالطريقة المذكورة فى المادة (١٥٩) ثم تكميل العمل باحدى الطرق التى ذكرناها لقسمة جيب على آخر ولكن يمكن الوصول الى المقصود مباشرة بالطرق الآتى ذكرها

(العمل) ـ ضع الخيط (ب ح) على زاوية المقام فالجيب المبسوط (ى ن) مثلا المقابل لاحدى الزاويتين الاخريين يقطعه فى نقطة (ن) علم عليها بالمرى وحرك الخيط الى ان يقع على ضلع الزاوية الاخرى (ب ه) فيأخذ المرى الموضع (ل) والجيب المبسوط (ل كَ) المار بهذه النقطة يقطع الستينى فى نقطة (كَ) عددها المستوى يدل على جيب س

(البرهان) ـ حيث ان مثلثى (ب ن نَ) و (ب ح حَ) متشابهان وكذلك مثلثا (ب ك كَ) و (ب ه هَ) فلنا

$$\frac{\text{بن}}{\text{نن}'} = \frac{\text{بح}}{\text{حح}'}$$

ومنها

$$\text{بن} = \text{نن}' \times \frac{\text{بح}}{\text{حح}'}$$

ولنا أيضا

$$\frac{\text{بك}}{\text{كك}'} = \frac{\text{به}}{\text{هه}'}$$

ومنها

$$\text{بك} = \text{كك}' \times \frac{\text{به}}{\text{هه}'}$$

ولكن

$$\text{بن} = \text{بك}$$

فاذن

$$\text{كك}' \times \frac{\text{به}}{\text{هه}'} = \text{نن}' \times \frac{\text{بح}}{\text{حح}'}$$

ولكن

$$\text{كك}' = \text{لل}'$$

$$\text{نن}' = \text{دد}'$$

فيكون

$$\text{لل}' = \text{دد}' \times \frac{\text{هه}'}{\text{هب}} \times \frac{\text{حب}}{\text{حح}'}$$

وبقسمة الطرفين على نصف قطر الربع يحدث

$$\frac{\text{لل}'}{\text{لب}} = \frac{\text{دد}'}{\text{دب}} \times \frac{\text{هه}'}{\text{هب}} \times \frac{\text{بح}}{\text{حح}'}$$

أو

$$\frac{\text{لل}'}{\text{لب}} = \frac{\text{دد}'}{\text{دب}} \times \frac{\text{هه}'}{\text{هب}} : \frac{\text{حح}'}{\text{حب}}$$

$$= \frac{\text{جيب}(\text{هبه}')}{\text{جيب}(\text{حبح}')} \times \text{جيب}(\text{دبد}')$$

فثبت المطلوب

(خلاصة العمل)

ضع الخيط على زاوية المقام فيقطع الجيب المبسوط لاحدى الزاويتين الاخريين فى نقطة علمها بالمرى وانقل الخيط الى الزاوية الاخرى واخرج من المرى الى الستينى تجد الجيب المطلوب

(ملحوظ) ـ اذا كانت زاوية المقام أصغر من زاويتى البسط فالخيط الموضوع عليها لايقطع الجيبين المبسوطين الخارجين منهما وحينئذ يتعذر استعمال هذه الطريقة

الطريقة السادسة ـ المطلوب (شكل ٩١)

$$\frac{\text{جيب}(\text{ع ب عَ})}{\text{جيب}(\text{د ب هـ})} \times \text{جيب}\ (\text{ل ب ق}) = \text{جيب س}$$

اخرج على الجيب المبسوط (ع عَ) لاحدى الزاويتين اللتين فى البسط ثم خذ على الجيب التام بعد (ب دً) = (ب دَ) = جيب الزاوية التى فى المقام واخرج من نقطة (دً) على الجيب المنكوس (دً ك) فيلاقى الجيب المبسوط المذكور فى نقطة (ك) ثم ضع الخيط على هذه النقطة وخذ على الجيب التام بعد (ب لً) = (ب لَ) = جيب الزاوية الاخرى التى فى البسط واخرج على الجيب المنكوس (لً مَ) فتلاقى الخيط فى نقطة (مَ) اذا خرجت منها الى الستينى تجد الجيب المطلوب

(البرهان) ـ لنا فى المثلثين المتشابهين (مَ لً ب) و (ل دً ب)

$$\text{مَ لً} = \text{ب لً} \times \frac{\text{ك دً}}{\text{دً ب}}$$

ولكن

$$\text{مَ} \times \text{لً} = \text{ط م}$$

$$\text{ب لً} = \text{ب لَ} = \text{ل ق}$$

$$\text{لَ دً} = \text{عَ ع}$$

$$\text{دً ب} = \text{ب دَ} = \text{هـ د}$$

فاذن

$$\text{ط م} = \text{ل ق} \times \frac{\text{ع عَ}}{\text{هـ د}} = \frac{\text{ل ق}}{\text{ل ب}} \times \frac{\text{د ب}}{\text{هـ د}} \times \text{ع عَ}$$

وبقسمة الطرفين على نصف قطر الربع يحصل

$$\frac{\text{ط م}}{\text{م ب}} = \frac{\text{ل ق}}{\text{ل ب}} \times \frac{\text{ع عَ}}{\text{ع ب}} \times \frac{\text{د ب}}{\text{هـ د}} = \frac{\text{ل ق}}{\text{ل ب}} \times \frac{\text{ع عَ}}{\text{ع ب}} : \frac{\text{هـ د}}{\text{د ب}}$$

وهو المطلوب

(خلاصة العمل)

اخرج على الجيب المبسوط لاحدى الزاويتين اللتين فى البسط ثم خذ على الجيب

التام

التام جيب الزاوية التى فى المقام واخرج منه على الجيب المنكوس فتلاقى الجيب المبسوط فى نقطة ضع عليها الخيط ثم خذ على الجيب التام جيب الزاوية الاخرى التى فى البسط واخرج على الجيب المنكوس فتلاقى الخيط فى نقطة تخرج منها الى الستينى تجد الجيب المطلوب

(ملحوظ) ـ اذا كانت الزاويتان اللتان فى البسط والمقام عظيمتين فلايمكن استعمال هذه الطريقة لان الجيب المنكوس الخارج من الجيب التام يبعد جيب زاوية المقام لايلاقى حينئذ الخيط

الطريقة السابعة ـ المطلوب (شكل ٩٠)

$$\frac{\text{جيب}(\text{ح ب حَ})}{\text{جيب}(\text{د ب دَ})} \times \text{جيب}(\text{هـ ب هـَ}) = \text{جيب س}$$

ضع الخيط على احدى زاويتى البسط فيلاقى الجيب المبسوط لزاوية المقام فى نقطة علمها بالمرى ثم حرك الخيط الى أن يقع المرى على الجيب المبسوط لزاوية البسط الاخرى فيمر الخيط من نقطة (ع) على محيط الربع اذا خرجت منها الى الستينى تجد الجيب المطلوب يعنى أن

$$\frac{\text{ع عَ}}{\text{ع ب}} = \frac{\text{ح حَ}}{\text{ب ح}} \times \frac{\text{هـ هـَ}}{\text{هـ ب}} : \frac{\text{د دَ}}{\text{د ب}}$$

$$= \frac{\text{جيب}(\text{ح ب حَ})}{\text{جيب}(\text{د ب دَ})} \times \text{جيب}(\text{هـ ب هـَ})$$

فتأمل

ومما تقدم يعلم ان أحسن طريقة لقسمة جيب على جيب آخر هى الطريقة الاولى لانه يمكن استعمالها اياكانت الزوايا المفروضة (١) بخلاف الطرق الاخرى فانه لايمكن استعمالها الافى بعض الاحوال واذا وجد فى البسط أوفى المقام مضاريب اخرى فباجراء عملية الضرب على انفرادها تحوّل الكميات المفروضة الى جيب مقسوم على جيب آخر ويتم العمل بالطريقة الاولى المذكورة

وأما قسمة الجيب على تمام الجيب وعكسه فتحصل بعد تحويل تمام الجيب الى الجيب بمراعاة هذا القانون

$$\text{تمام جيب}(\text{س}) = \text{جيب}(٩٠ - \text{س})$$

واذا كان كل من المقسوم والمقسوم عليه تمام جيب يمكن اجراء القسمة مباشرة

(١) بشرط أن تكون زاوية البسط أصغرمن زاوية المقام اهـ مترجم

بدون تحويل ولاجـل ذلك يلزم أن تجرى جميع العمليات التى حصلت على الستينى والجيب المبسـوط على الجيب التام والجيب المنكوس انما الاوفق لعـدم تشويش الذهن هو تحويل الكميتين المذكورتين الى جيبين واجراء العمل كماتقدم

واذا وجد فى البسط أوفى المقام مماس أوتمام مماس يحول تمام المماس الى مماس بهذا القانون

مماس (س) = تمام مماس (٩٠ — س)

ثم يحول المماس الى جيب بالطريقة المذكورة فى المادة (١٦١) ثم يجرى العمل كماذكر ولكن من المعلوم انه اذا كانت الزاوية أعظم من خمس وأربعين درجة فلا يمكن تحويل مماسها الى جيب ففى هذه الحالة يكفى تبديل المماس وتمام المماس بمقداريهما

$$\frac{\text{جيب}}{\text{تمام جيب}} \quad \text{و} \quad \frac{\text{تمام جيب}}{\text{جيب}}$$

ثم يجرى العمل كما تقدم وقد فرضنا فيما سبق ان حاصل الجيبين يساوى جيبا فاذا كان مساويا لتمام جيب يفرض انه جيب ثم يحول هذا الجيب الى تمام الجيب بالطريقة المذكورة فى المادة (١٥٥) وان كان مساويا لمماس أولتمام مماس يحول ذلك الجيب الى مماس أو الى تمام مماس بالطريقة المذكورة فى المادة (١٥٩)

(فى رفع الجيب الى قوة مّا)

(١٦٤) ليكن المطلوب تربيع الكمية جيب (ب) بواسطة ربع الدستور لنفرض (د ب دَ) شكل (٩٤) الزاوية المراد تربيع جيبها فنضع الخيط (ب د) عليها وهو يقطع خط التجويب الاول فى نقطة (ح) ثم نخرج من هـذه النقطة الى الستينى نجـد النقطة (حً) ويكون بعـد (ب حً) هو مربع الجيب المفروض أى ان

ب حً = جيب (هـ ب هـَ)

= جيب² (د ب دَ)

(البرهان) ـ لنا

$$\frac{\text{حَ ح}}{\text{ب ح}} = \frac{\text{دَ د}}{\text{د ب}}$$

$$\text{حَ ح} = \text{ح ب} \times \frac{\text{د دَ}}{\text{د ب}}$$

وبقسمة

وبقسمة الطرفين على نصف قطر الربع يحدث

$$\frac{\text{حَ ح}}{\text{هـ ب}} = \frac{\text{ح ب} \times \text{دَ د}}{\text{د ب} \times \text{د ب}}$$

ولكن

$$\text{حَ ح} = \text{هـَ هـ}$$

$$\text{ح ب} = \text{ب دَ} = \text{دَ د}$$

فبالتعويض يحدث

$$\frac{\text{هـَ هـ}}{\text{ب هـ}} = \left(\frac{\text{دَ د}}{\text{ب د}}\right)^2$$

$$= \text{جيب}^2\ (\text{د ب دَ})$$

أى

$$\text{جيب}\ (\text{هـ ب هـَ}) = \text{جيب}^2\ (\text{د ب دَ}) \quad (1)$$

(خلاصة العمل)

لتربيع جيب ضع الخيط على الزاوية فيقطع خط التجويب الاول فى نقطة اذا خرجت منها الى الستينى تجد العدد المستوى الدال على المربع المطلوب

(نتيجة)

اذا اريد تكعيب جيب (ب) يلاحظ أن

$$\text{جيب}^3\ (\text{ب}) = \text{جيب}^2\ (\text{ب}) \times \text{جيب}\ (\text{ب})$$

فيبحث أولا عن جيب^2 (ب) ثم يضرب فى جيب (ب) بالطريقة المذكورة فى المادة (١٥٩) وكذلك اذا اريد رفع جيب (ب) الى القوة الرابعة اوالخامسة وهكذا يبحث عن جيب^2 (ب) ثم يضرب فى جيب (ب) ثم يضرب الحاصل فى جيب (ب) وهلم جرا

(فى تجذير الجيب)

(١٦٥) اذا أريد تجذير جيب الزاوية (هـ ب هـَ) (شكل ٩٢) أى استخراج $\sqrt{}$ جيب (هـ ب هـَ) يجرى العمل بعكس ما ذكر . اخرج من الزاوية على الجيب

---

(١) برهان آخر ـ لنصل (ح و) فلنا فى المثلث القائم الزاوية (ب ح د)

$$(\text{ب ح})^2 = \text{ب حً} \times \text{ب و} = \text{هـ هـَ} \times \text{ب و}$$

وبقسمة الطرفين على مربع نصف القطر يحدث

$$\left(\frac{\text{ب و}}{\text{ب ح}}\right)^2 = \frac{\text{هـ هـَ}}{\text{ب و}}$$

وهو المطلوب اهـ مترجم

المبسوط (هـ ح) فتلاقى التجويب الاول فى نقطـة (ح) ضـع عليها الخيط فيلاقى القوس فى نقطـة (ى) وتـكون الزاوية (ى ب ىَ) هى الزاوية التى جيبها يساوى جذر الجيب المفروض لانه ينتج مما سبق ان

جيب (هـ ب هـَ) = جيب^{٢} (ى ب ىَ)

ومنها

$\sqrt{\text{جيب}(\text{هـ ب هـَ})}$ = جيب (ى ب ىَ)

هـذا واذا أخذنا الجذر التربيعى لجيب الزاوية (ى ب ىَ) نجد الجذر الرابع لجيب الزاوية (هـ ب هـَ) ثم اذا أخـذنا الجذر التربيعى للناتج نجد الجذر الثامن للزاوية المفروضة وهلم جرا

ويسـتفاد من ذلك أنه وان أمكن رفع جيب الى قوة ما بواسطة ربع الدستور لايمكن بواسطته الااستخراج الجذور التربيعية والرابعة والثامنة والسادسـة عشرة وهكذا أى الجذور التى درجاتها ٢ و ٢×٢ و ٢×٢×٢ و .... وهكذا

(فى ترقية تمام الجيب وتجذيره)

(١٦٦) لترقيـة تمام الجيب تتبع القواعد التى ذكرت فى مادتى (١٦٤) و(١٦٥) لترقيـة الجيب غير أنه يلزم أن يعتبر هنا الجيب المنكوس المار بنقطة تقاطع الخيط بالتجويب الثانى بدل الجيب المبسوط المار بنقطة تقاطع الخيط بالتجويب الاول وكذلك لتجذير تمام الجيب يلزم اعتبار الجيب المنكوس المار بنقطة تقاطع الخيط بالتجويب الثانى (١)

(فى ترقية المماس وتمام المماس وتجذيرهما)

(١٦٧) اذا كان المماس أقل من خمس وأربعين درجة وتمام المماس أكبر منها يمكن ترقيتهما وتجذيرهما بواسطة الربع ولكن لايمكن ذلك اذا زاد المماس عن هذا المقدار ونقص تمام المماس عنه والاوفق حينئذ تحويل كل منهما بمقتضى هذين القانونين

---

(١) يمكن أيضا اجراء ذلك على التجويب الاول ـ لنصل (ح و) (شكل ٦٢) فمن المعلوم ان

ح و = تمام جيب (ى ب ىَ)

$\overline{\text{ح و}}^{٢}$ = و حً × و ب

فبقسمة الطرفين على (و ب)^{٢} يحدث

$\left(\frac{\text{ح و}}{\text{ب و}}\right)^{٢} = \frac{\text{و حً}}{\text{و ب}}$

أى ان

و حً = تمام جيب (ى ب ىَ)

وهو المطلوب اهـ مترجم

$$\text{مماس (ب)} = \frac{\text{جيب (ب)}}{\text{تمام جيب (ب)}}$$

$$\text{تمام مماس (ب)} = \frac{\text{تمام جيب (ب)}}{\text{جيب (ب)}}$$

واجراء العمل المطلوب على الجيب وتمام الجيب بالطرق المذكورة فى المواد (١٦٤) و (١٦٥) و (١٦٦)

الفصل الرابع

(فى تطبيقات على ماتقدم)

(١٦٨) يعلم مما تقدم ان الربع المجيب انما هو آلة تحل بها القوانين المساحية بدون استعمال اللوغاريتمات وقد ذكرنا من تفصيل ذلك فى الفصل الثالث مافيه الكفاية وحيث كان المتقدمون من علماء الاسلام يستعملونه فى أكثر الاحيان لتعيين الاوقات الشرعية وألفوا فيه رسائل عديدة أهم اغراضها بيان كيفية استعماله فى تعيين هذه الاوقات فقد جمعنا فى هذا الفصل كل مايتعلق بهذه العمليات وأتينا بأصل نصوص أولئك المؤلفين وشرحناها شرحا واضحا تسهيلا للفهم و بيانا للدرجة التى كانت عليها العلوم العربية فى ذلك العهد

(فى المقدمة والمبحث الاول والثانى)

(١٦٩) ان جميع الرسائل التى موضوعها الربع المجيب تبين فى مقدماتها أسماء اجزائه ثم تبحث بعد ذلك عن كيفية أخذ الارتفاعات بواسطته ثم عن كيفية استخراج جيب قوس معلوم أوقوس جيب معلوم وحيث اننا ذكرنا هذه المسائل فى المواد (١٥٤) و (١٥٢) و (١٥٥) فلا داعى لذكرها هنا

(فى تعيين ميل الشمس الاول وغاية ارتفاعها)

(١٧٠) « لمعرفة الميل الاول وغاية الارتفاع لكل يوم فرض ضع الخيط على الستينى وعلم بالمرى على درجة أربع وعشرين من اجزائه المستوية ثم انقل الخيط الى بعد درجة الشمس عن أقرب الاعتدالين اليها من أول القوس ثم انزل من المرى فى الجيوب المبسوطة الى القوس تجد من أوله الميل الاول زده على تمام عرض البلد ان كان الميل موافقا وانقصه ان كان مخالفا فما كان فهو الغاية فى ذلك اليوم »

ان هـذه القاعـدة تحتوى على قسمين يمكن وضع أولهما على صورة قانون بهذه الكيفية

جيب (الميل الاول) = ٢٤ × جيب (بعد درجة الشمس الى أقرب الاعتدالين)

فالعـدد ٢٤ ناشئ عن كون العمود النازل من الميل الاعظم على نصف القطر المنقسم الى ستين قسما يمر بالعدد المستوى الرابع والعشرين فيكون هـذا العدد عبارة عن جيب الميل المذكور وأما بعـد درجة الشمس فهو عبارة عن طول الشمس وعلى ذلك تؤل المعادلة السابقة الى هذه

جيب (الميل الاول) = جيب (الميل الاعظم) × جيب (طول الشمس)

ولبيان ذلك نفرض زاوية (ل ب لَ) مساوية للميل الاعظم (شكل ٩٣) فيكون جيبها (ب هَ) واذا جعلنا نقطـة (ب) مركزا ورسمنا القوس (هَ هـ) فلكون الميل الاعظم يعادل ثلاثا وعشرين درجة وثمانيا وعشرين دقيقة تقريبا يكون بعـد (ب هَ) مساويا لاربع وعشرين ولنبحث بواسطة التقويمات عن درجة البرج التى تكون فيها الشمس فى اليوم المطلوب لمعرفة طولها فيه ثم نأخذ من نقطة (ك) ثلاثة أقواس متتالية كل منها يساوى تسعين درجة كما تقدم فى مادة (١٤٣) ونفرض أولها برج الحمل وثانيها برج الثور وثالثها برج الجوزاء ثم نرجع من نقطة (كَ) ونفرض أول قوس برج السرطان وثانى قوس برج الاسد وثالث قوس برج السنبلة ثم نعود من نقطـة (ك) ونأخـذ أول قوس لبرج الميزان وثانى قوس لبرج العقرب وثالث قوس لبرج القوس ثم نرجع من نقطة (كَ) ونفرض أول قوس لبرج الجدى وثانى قوس لبرج الدلو وثالث قوس لبرج الحوت فبهذه الطريقة يعلم القوس المقابل للبرج الذى تكون فيـه الشمس ويوضع خيط الربع على درجته التى علمت من التقويمات وليكن (ب ح) موضـعه فأقرب الاعتدالين يكون هو نقطـة (ك) وبعـد درجـة الشمس الى أقرب الاعتدالين يكون هو الزاوية (حَ ب ح)

والخيط (ب ح) يلاقى القوس (هَ هـ) فى نقطة (د) بحيث يكون جيبها المنكوس (د دَ) أو (ب دً) عبارة عن ميل الشمس الجزئى فى ذلك اليوم

برهان ذلك — لنا فى المثلثين المتشابهين (دَ د ب) و (حَ ح ب)

$$\frac{د دَ}{د ب} = \frac{ح حَ}{ح ب}$$

ومنها

د″ د = د ب + ح′ ح / ح ب

وحيث ان

د′ د = ب د″ = ن′ ن

د ب = ب ه′ = ل′ ل

يكون

ن′ ن = ل′ ل + ح′ ح / ح ب

وبقسمة الطرفين على نصف قطر الربع يحدث

أعنى ان ن′ ن / ن ب = ل′ ل / ل ب + ح′ ح / ح ب

جيب (الميل الاول) = جيب (الميل الاعظم) جيب (طول الشمس)

وهو المطلوب ويسمى هذا الميل فى اصطلاح المتأخرين بالميل الجزئى

ويستفاد من ذلك ان الميل الجزئى لاىّ يوم يساوى حاصل ضرب جيب الميل الاعظم فى جيب طول الشمس وقد بينا فى مادة (١٥٩) كيفية ضرب جيب فى جيب آخر

ولما كان الميل الاعظم كمية ثابتة وطول الشمس كمية متغيرة أمكنهم تسهيل العمل بهذه الكيفية وهى ان ربع الدائرة (ه′ ه) يرسم فى أكثر الآلات من العدد المبين لجيب الميل الاعظم أعنى من العدد ٢٤ (شكل ٨٢) ويسمى قوس الميل الاعظم فاذا وضع الخيط على درجة الشمس يقطع هذا القوس فى نقطة يمر بها جيب مبسوط يلاقى الستينى فى نقطة عددها المستوى يدل على جيب الميل الجزئى ثم يقطع محيط الربع فى نقطة عددها المستوى يدل على زاوية الميل الاول أى الميل الجزئى المذكور

مثال ذلك — ان الشمس فى ٢٠ اغسطس تكون فى الدرجة التاسعة من برج السنبلة فبوضع الخيط على هذه الدرجة يرى ان ميل الشمس الجزئى يساوى ثمانى درجات وعشر دقائق شمالية وفى ١٦ تشرين الثانى تكون الشمس فى الدرجة السابعة من برج القوس فيكون الميل الجزئى = ٣٠′ ″ ٢١° جنوبية

وفى أيامنا هـذه يستخرجون الميل الجزئى بواسطة قاعدة من قواعد المثلثات الكروية القائمة الزاوية وهى

ضلع = جيب (الزاوية المقابلة للوتر) + جيب (الوتر)

وهى عـين القانون الذى ذكرناه غـير ان ذلك القـانون يختص بمثلث مستو وهـذه القاعدة تختص بمثلث كروى فاذا فرضنا (شكل ٩٤) ان

جيب ء ح = جيب ح ك + جيب ح ك

يكون (ء ح) = ميل الشمس و (ح ك ء) = الزاوية التى بين دائرة البروج وخط الاستواء = ٢٨َ رر ٢٣° تقريبا أعنى تساوى الميل الاعظـم تقريبا و(ح ك) = طول الشمس أى بعد الشمس عن أقرب الاعتدالين

ووجه تسمية الميل الجزئى بالميل الاول ان العرب كانوا يخصصون لكل نقطة على دائرة البروج ميلين أحدهما يسمونه الميل الاول والثانى الميل الثانى . أما الميل الاول فهو قوس الدائرة العظمى المارة باحـدى نقط دائرة البروج وقطب العالم المحصور بين تلك النقطة ومعدّل النهار . وأما الميـل الثانى فهو قوس الدائرة العظمى المارة باحدى نقط دائرة البروج وقطب هذه الدائرة المحصور بين تلك النقطة ومعدّل النهار فحيث ان الميل الجزئى المتقدم ذكـره هو عبارة عن أوّل هـذين القوسين سمته العرب بالميل الاوّل

وأما القسم الثانى من القاعـدة التى نحن بصـددها وهو قوله (زده على تمام العرض الخ) فمعناه انه اذا كان ميـل الشمس موافقا لعـرض البلد بأن كان الاثنان شماليين أو جنوبيين يلزم ضمهما واذا كانا مختلفين يلزم طرح أحدهما من الآخر فتعـلم غاية الارتفاع لليوم المفروض وبواسطتها يمكن تعيين العصر الاوّل والثانى كما ذكر فى المادة (١٤٢) وسنأتى على ذكره أيضا فى المادة (١٨٠)

(فى استخراج ميل الشمس الثانى)

(١٧١) « (فى معرفة الميـل الثانى فى ظله الستينى) ضع على تمام الميـل الاعظم وعلم بالمرى على جيب الميل الاوّل ثم انقل الى الستينى تجد الظل الستينى المنكوس للميل الثانى فان شئت قوسـه فانزل من الستينى بنصـفه ومن الجيب التام بثـلاثين وضع على التقاطع تجد الخيط على قدر الميل الثانى من أوّل القوس»

اذا

اذا وضعنا هذه القاعدة على هيئة قانون نجد

$$\text{مماس (الميل الثانى)} = \frac{\text{جيب (الميل الاول)}}{\text{تمام جيب (الميل الاعظم)}}$$

وبموجب القاعدة الثانية المذكورة فى المادة (١٦٢) يقسم جيب الميل الاول على جيب تمام الميل الاعظم فيكون الخارج جيبا فيحول الى تمام مماس بمقتضى ما بيناه فى تنبيه المادة (١٥٩) أى بتنصيف الجيب المذكور أو نصف قطر الربع ثم يخرج بالاول من الستينى وبالثانى من الجيب التام فتحدث الزاوية التى مماسها يساوى الجيب المفروض

وكيفية استخراج الميل الثانى فى اصطلاح أهل هذا العصر أن يفرض (شكل ٩٤) ح دَ الميل المذكور وهو عبارة عن ضلع من المثلث الكروى القائم الزاوية (ى ح دً) وحيث ان

$$\text{مماس (الضلع)} = \text{مماس (الزاوية المقابلة للوتر)} \times \text{جيب (الضلع الآخر)}$$

فيجعل الزاوية المقابلة للوتر تساوى الميل الاعظم والضلع الآخر يساوى طول الشمس يكون

$$\text{مماس (الميل الثانى)} = \text{مماس (الميل الاعظم)} \times \text{جيب (طول الشمس)}$$

ويمكن وضع هذا القانون على صورة أخرى وهى ان يلاحظ ان

$$\text{مماس (الميل الاعظم)} = \frac{\text{جيب (الميل الاعظم)}}{\text{تمام جيب (الميل الاعظم)}}$$

فاذن

$$\text{مماس (الميل الثانى)} = \frac{\text{جيب (الميل الاعظم)}}{\text{تجيب (الميل الاعظم)}} \times \text{جيب (طول الشمس)}$$

واذا استخرجنا جيب (طول الشمس) من القانون المذكور فى المادة (١٧٠) نجد

$$\text{جيب (طول الشمس)} = \frac{\text{جيب (الميل الاول)}}{\text{جيب (الميل الاعظم)}}$$

فيكون

$$\text{مماس (الميل الثانى)} = \frac{\text{جيب (الميل الاعظم)}}{\text{تجيب (الميل الاعظم)}} \times \frac{\text{جيب (الميل الاول)}}{\text{جيب (الميل الاعظم)}}$$

$$= \frac{\text{جيب (الميل الاول)}}{\text{تمام جيب (الميل الاعظم)}}$$

وقد استعمل علماء العرب قديما هذا القانون كما استعملوا القانون المتقدم ذكره وهو

مماس (الميل الثانى) = مماس (الميل الاعظم) × جيب (طول الشمس)

أما استعمالهم القانون الذى فيه المماس والجيب مقسوم على تجيب فهو من القاعدة المذكورة فى كتبهم وهاهى بنصها

« وان شئت فضع على تمام الميل الاعظم والمرى على (كد) من المبسوطة ثم انقل الى بعد الدرجة من أقرب الاعتدالين وادخل بالمرى الى الجيب الاعظم (الى الستينى) تجد الظل الستينى المنكوس للميل الثانى فكمل العمل كما تقدم تجد المراد»

(فى استخراج ابعاد الكواكب)

(١٧٢) اذا فرضنا مرور دائرة عظمى بكوكب وبقطب العالم فجزؤها المحصور بين الكوكب ومعدل النهار يسمى عند القدماء بعد الكوكب المذكور ويسمى عند المتأخرين بميل الكوكب وكان علماء العرب يستخرجون بعد الكوكب بعد معرفة عرضه وطوله من الازياج بالطريقة المذكورة فى قولهم « (مبحث فى معرفة بعد الكوكب عن معدل النهار من طوله وعرضه وهما المثبتان فى الازياج وغيرها) انظر الى طول الكوكب وعرضه فان عدما فلا بعد له وان وجد الطول وحده فالميل الاول له هو بعده وان وجد العرض دون الطول فضع الخيط على الستينى وعلم على جيب عرض الكوكب ثم انقل الخيط الى تمام الميل الاعظم وانزل من المرى الى القوس تجد بعده » ومن المعلوم ان عرض الكوكب عبارة عن قوس الدائرة العظمى المارة بالكوكب وبقطب دائرة البروج المحصور بين هذه الدائرة والكوكب المذكور وطوله عبارة عن قوس دائرة البروج المحصور بين الدائرة العظمى السالف ذكرها ومبدأ الاطوال (أى أول الحمل)

فاذا كان كل من الطول والعرض صفرا يكون الكوكب فى نقطة الاعتدال الربيعى وحينئذ فلا بعد له واذا وجد للكوكب طول ولم يوجد له عرض فميله الاول يكون عبارة عن بعده واذا وجد له عرض ولم يوجد له طول فلاستخراج بعده كانوا يستعملون هذا القانون

جيب (البعد) = جيب (تمام الميل الاعظم) × جيب (عرض الكوكب)

فيضرب

فبضرب هذين الجيبين بالقاعدة المذكورة فى المادة(١٥٩) يعلم جيب البعد أى جيب ميل الكوكب فقوسه

« وان وجد طول الكوكب وعرضه معا فاستخرج الميل الثانى لدرجة طوله ثم اجمعه الى عرضه ان وافقه فى الجهة وخذ الفضل ان خالفه فما كان فهو العرض المعدل فضع على تمام الميل الثانى لدرجة طوله وعلم على جيب تمام الميل الاعظم ثم انقل الى العرض المعدل تجد المرى على جيب بعد الكوكب وجهة البعد جهة الاكثر فى العرض والميل الثانى لدرجة طوله »

فاذا وجد للكوكب طول وعرض يبحث ابتداء عن الميل الثانى لدرجة الطول بمقتضى ماتقدم فى مادة (١٧١) ولنفرضه هْ فان كانت الزاوية (هـ) موافقة فى الجهة لعرض الكوكب أى انهما شماليان أوجنوبيان يضاف أحدهما الى الآخر واذا كانا مختلفين يطرح اصغرهما من أكبرهما فالعدد الناتج من هذا الجمع أوالطرح يسمى بعرض المعدّل ولنفرضه (ع) فبمقتضى القاعدة المذكورة فى الكتب العربية لنا هذا القانون

$$\text{جيب(بعدالكوكب)} = \frac{\text{جيب (تمام الميل الاعظم)}}{\text{جيب (٩٠ — هـ)}} \times \text{جيب (ع)}$$

ويمكن حسابه بالقاعدة الخامسة المذكورة فى المادة (١٦٣)

(استطراد)

يرى مما سبق ان المؤلفين قسموا قاعدة تعيين بعد الكوكب الى أربعة أقسام ولكن هذا التقسيم ليس بجيد لانهم اعتبروا فى القسم الاول الحالة التى يكون فيها الطول والعرض مساويين لصفر فيكون حينئذ البعد صفرا أيضا نعم ان هذا صحيح ولكن قد يكون البعد صفرا أيضا بدون أن يكون الطول والعرض مساويين للصفر فالتقسيم اذن ليس حاصرا وكان الاوفق أن يعتبروا فى القسم الاول الحالة التى يكون فيها الكوكب على معدّل النهار وفى الثانى الحالة التى يكون فيها الكوكب على دائرة البروج وفى الثالث الحالة التى يكون فيها الكوكب على مبدا الطول وفى الرابع الحالة التى يكون فيها الكوكب فى أىّ محل كان فبهذه الكيفية كان يمكن ايجاد قانون عام للحالة الرابعة يستنبط منه الاحوال الثلاث الاخر ببعض تغييرات خصوصية

لنفرض (هـ) (شكل ٩٤) الكوكب و (هـ ن ىَ) المثلث المحدود بالدوائر العظمى المارة بهذا الكوكب وبقطب العالم و بقطب دائرة البروج فالضلع (هـ ن) يكون ميل الكوكب المطلوب تعيينه ولنا

جيب (هـ ن) = جيب (هـ ىَ) × جيب (ن ىَ هـ)

وفى المثلث القائم الزاوية (ك ح ىَ) لنا أيضا

تمام جيب (ح ك ىَ) = تمام جيب (ح ىَ) × جيب (ح ىَ ك)

وحيث ان زاوية (ح ىَ ك) هى نفس زاوية (ن ىَ هـ) يحدث

$$\text{جيب (هـ ن)} = \frac{\text{تمام جيب (ح ك ىَ)}}{\text{تمام جيب (ح ىَ)}} \times \text{جيب (هـ ىَ)}$$

أو

$$\text{جيب (ميل الكوكب)} = \frac{\text{تجيب (الميل الاعظم)}}{\text{تجيب (الميل الثانى للطول)}} \times \text{جيب (العرض + الميل الثانى للطول)}$$

وهو القانون العام المتقدم ذكره وانما يختلف عن القوانين التى استعملتها العرب بكوننا ذكرنا فيه الزوايا وهم كانوا يعتبرون تمامها بقصد تبديل تمام الجيب بالجيب فاذا أردنا ايجاد القانون المتعلق بالحالة الاولى التى يكون فيها الكوكب على خط الاستواء نقول انه فى هذه الحالة يكون الميل الثانى صفرا فبفرض ذلك فى القانون الاخير يحدث

جيب (ميل الكوكب) = تجيب (الميل الاعظم) × جيب (عرض الكوكب)

وللحالة الثانية يكون الكوكب على دائرة البروج فيكون عرضه صفرا ونجد

جيب (ميل الكوكب) = مماس (الميل الثانى للطول) × تجيب (الميل الاعظم)

وللحالة الثالثة يكون الطول صفرا و يحدث

جيب (بعد الكوكب) = تجيب (الميل الاعظم) × جيب (عرض الكوكب)

فاذا قارنا قانون الحالة الثانية بقانون الميل الثانى المذكور فى مادة (١٧١) نجد أن

الميل الاول أى بعد الكوكب = الميل الثانى للكوكب

ويرى بسهولة ان قانون الحالة الثالثة هو نفس القاعدة العربية المذكورة آنفا

هذا وبامعان النظر فى المثلث (هـ و ءَ) الذى تولد منه القوانين المتقدمة يرى أنه يمكن أن يكون لهذا المثلث ستة أوضاع مختلفة ففى بعض الاوضاع يلزم جمع العرض والميل الثانى للطول أوطرح أصغرهما من الاكبر ويكون ميل الكوكب بعد ذلك اماشماليا واما جنوبيا وقد اجتهد مؤلفو العرب فى بيان ذلك ولكن لم يفوا بالمقصود فلتسهيل الفهم قد حررنا الجدول الآتى المحتوى على جميع الفروض والنتائج المقابلة لها

طول الكوكب	عرض الكوكب	الاشارات	بعد الكوكب
من ٠° الى ١٨٠°	شمالى > الميل الثانى للطول	(العرض + الميل الثانى للطول)	شمالى
	جنوبى > «	(العرض ــ الميل الثانى للطول)	جنوبى
	جنوبى > «	(الميل الثانى للطول ــ العرض)	شمالى
من ١٨٠° الى ٣٦٠°	جنوبى > «	(العرض + الميل الثانى للطول)	جنوبى
	شمالى > «	(العرض ــ «)	شمالى
	شمالى < «	(الميل الثانى للطول ــ العرض)	جنوبى

وأما كيفية تعيين ميل الكواكب ومطالعها على عهدنا هذا فهى انه متى علم عرضها وطولها يستعمل القانونان

جيب (م) = جيب (ع هـ) + تجيب (ع) جيب (هـ) جيب (ط)

$$\text{تجيب (ل)} = \frac{\text{تجيب (ع) تجيب (ط)}}{\text{تجيب (م)}}$$

ويمكن حسابهما بواسطة الربع المجيب أوجداول اللوغاريتمات غير أنه يلزم فى هذه الحالة تغيير القانون الاول بالكيفية الآتية وهى

$$\text{مماس (لا)} = \frac{\text{جيب (ط)}}{\text{مماس (ع)}}$$

$$\text{مماس (ل)} = \frac{\text{جيب (لا ــ هـ)}}{\text{جيب لا}} \times \text{مماس (ط)}$$

مماس (م) = تمام مماس (لا ــ هـ) جيب ل

أما مقادير هذه الحروف فهى

م = ميل الكوكب أو بعده

ل = مطالعه المستقيمة

ع = عرضه

ط = طوله

هـ = ميل الشمس الاعظم

لا = الزاوية المعينة

ومن المعلوم ان (هـ) اى ميل الشمس الاعظم هو الزاوية التى بين مدار الشمس السنوى وخط الاستواء وهذه الزاوية متناقصة فى كل آن بكمية صغيرة جدا وتناقصها ناشئ عن ثلاثة أسباب وهى الكبو المسمى بالفرنساوية (نوتاسيون) ومبادرة الاعتدالين (بره سه سيون) وانحراف الضوء (آبراسيون) أما الكبو فهو حركة خفيفة لمحور العالم ومبادرة الاعتدالين هى انتقال نقطتى الاعتدالين على خط الاستواء وانحراف الضوء هو انكساره عن اتجاهه حينما يرد الينا فهذه الاسباب تؤثر فى ميول الكواكب ومطالعها فاذا أريد ايجادها بالضبط يلزم تصحيح النتائج المتحصلة بالقوانين المتقدمة الذكر على حسب القواعد المذكورة فى كتب علم الهيئة

(فى تعيين عرض البلد)

(١٧٣) لذلك طريقتان مذكورتان فى رسائل الجيب

(الاولى) متى علم ميل الشمس يؤخذ الارتفاع بالربع وقت الزوال فان كانت الشمس فى البروج الشمالية يطرح الميل من الارتفاع وان كانت فى البروج الجنوبية يضاف أحدهما الى الآخر ويطرح الحاصل من التسعين

(والثانية) يؤخذ كوكب أبدى الظهور ومعلوم الميل وعند مروره بنصف النهار يؤخذ ارتفاعه الاعلى وارتفاعه الاسفل فنصف مجموعهما يساوى العرض وحيث ان هاتين العمليتين من الامور المعروفة فنكتفى بما ذكرناه اجتنابا للتطويل

(فى تعيين الاصل المطلق)

(١٧٤) « فى معرفة الاصل — ضع على الستينى وعلم على جيب تمام الميل ثم انقل الى تمام العرض وأصعد من المرى الى الستينى تجد الاصل » فبوضع هذه القاعدة على صورة قانون نجد

الاصل = جيب (تمام الميل) × جيب (تمام العرض)

وقد ذكرنا فى مادة (١٥٩) كيفية ضرب جيب فى جيب آخر

وقد اشتملت الرسائل المذكورة على كثير من الالفاظ مثل الاصل المطلق وبعد القطر واصل المعدّل ولم تبين بالتفصيل مدلولاتها وقد أمكننا بالتأمل فى العمليات الجارية عليها أن نستنبط اهما التعريفات الآتية

لنفرض مستويا مارا بمركز مدار الشمس فى أى يوم كان وموازيا للافق فاذا أنزلنا عمودا على هذا المستوى من نقطة غاية ارتفاع الشمس على المدار المذكور فنسبة هذا العمود الى نصف قطر الكرة يسمى الاصل المطلق لليوم المفروض فهو اذن عبارة عن جيب

لنفرض المدار (ح هَ) (شكل ٩٥) فالاصل المطلق المقابل له هو (ء ح)/(ح ص) فعلماء العرب حسبوا الكمية ء ح لكل يوم بالنسبة الى نصف القطر ح ص المفروض انقسامه الى ستين قسما أقساما متساوية وأدخلوها فى حساباتهم الفلكية وهى كمية متغيرة فى كل أيام السنة كما لايخفى وكيفية تعيين هذه الكمية ان نرسم الافق (ع عَ) وخط الاستواء (ح حَ) والمدار (ل حَ) المقابل للمدار المفروض (ح هَ) فتكون الزاوية (ع ص حَ) مساوية لميل الشمس فى اليوم المفروض أى للزاوية (ع ص ح) ثم اذا مددنا العمود (ح ء) الى ان يلاقى الافق فى (ب) ورسمنا (هَ ه) موازيا للافق المذكور يحدث مثلثان متشابهان (هَ ه ح) و(ءَ ء ح) وحيث ان وتر أكبرهما (ح هَ) مضاعف وتر الآخر (ح ءَ) فالضلعان الآخران من الاول يساويان مضاعفى ضلعى الآخر فيكون

(ه ح)/٢ = ء ح

ومنه ه ح = ٢ ء ح

ولنا فى المثلثين القائمى الزاوية (ص ب ح) و (ص بَ حَ)

(ب ح)/(ح ص) = جيب (ح ص ب)

= جيب (ى + م)

(بَ حَ)/(حَ ص) = جيب (حَ ص بَ)

= جيب (ى − م)

وبالجمع يحدث

$$\frac{\text{ب ح}}{\text{ح ص}}+\frac{\text{بَ حَ}}{\text{حَ ص}}=\text{جيب (ن + م) + جيب (ن − م)}$$

أو بفرض

$$\text{ح ص = حَ ص = ر}$$

يكون

$$\frac{\text{ب ح + بَ حَ}}{\text{ر}}=\text{جيب (ن + م) + جيب (ن − م)}$$

وحيث ان مثلثى (بَ حَ س) و (ط هَ طَ) متساويان يكون

$$\text{بَ حَ = هَ ط = هـ ب}$$

فبوضع (هـ ب) بدلا من (بَ حَ) يحدث

$$\frac{\text{ب ح + هـ ب}}{\text{ر}}=\text{جيب (ن + م) + جيب (ن − م)}$$

ولكون

$$\text{ب ح + ب هـ = ح هـ}$$

يكون

$$\frac{\text{ح هـ}}{\text{ر}}=\text{جيب (ن + م) + جيب (ن − م)}$$

وبضرب الطرفين فى $\frac{1}{2}$ يحدث

$$\frac{\text{ح هـ}}{\text{٢ ر}}=\frac{1}{2}\,[\text{ جيب (ن + م) + جيب (ن − م) }]$$

ولكن وجدنا ان

$$\text{هـ ح = ٢ د ح}$$ فاذن يكون

$$\frac{\text{٢ د ح}}{\text{٢ ر}}=\frac{1}{2}\,[\text{ جيب (ن + م) + جيب (ن − م) }]$$

$$\frac{\text{د ح}}{\text{ر}}=\frac{1}{2}\,[\text{ جيب (ن + م) + جيب (ن − م) }]$$

ومن المعلوم فى حساب المثلثات أن

$$\text{جيب (ن + م) + جيب (ن − م) = ٢ جيب (ن) تمام جيب (م)}$$

فاذن

$$\frac{\text{د ح}}{\text{ر}}=\text{جيب (ن) تمام جيب (م)}$$

أو

دح/ر = جيب (ن) جيب (٩٠ — م)   (١)

وهو المطلوب

وحيث ان

ن = تمام عرض البلد

(٩٠ــم)= تمام ميل الشمس

فيعلم مما تقدّم ان الاصل المطلق يساوى الحاصل من جيب تمام عرض البلد فى جيب تمام ميل الشمس ويرى من هذا القانون أنه اذا كان العرض صفرا تكون (ن) مساوية لتسعين وحيث ان جيب التسعين واحد يكون الاصل المطلوب مساويا لجيب تمام الميل واذا كان ميل الشمس صفرا بان كانت على دائرة المعدّل فيكون جيب (٩٠ — م)= ١ واذن يكون الاصل المطلق مساويا لجيب تمام العرض واذا فرض كل من العرض والميل صفرا يحدث

دح/ر = ١ ومنه د ح = ر

وحيث ان (ر) فى العمل مساو لنصف قطر الربع أى استين فيكون د ح = ٦٠ أيضا

(فى استخراج بعد القطر)

(١٧٥) « فى معرفة بعد القطر — ضع على الستينى وعلم على جيب الميل ثم انقل الى العرض وان شئت فعلم فى الستينى على جيب العرض ثم انقل الى الميل تجد المرىء على بعد القطر » فبوضع هذه القاعدة على صورة قانون نجد

بعد القطر = جيب (العرض) × جيب (الميل)

وقد بينا فى مادة (١٥٩) كيفية ضرب جيب فى جيب آخر

ولبيان معنى بعد القطر نقول اذا فرضنا مستويا مارّا بمركز مدار الشمس فى أى يوم كان

---

(١) يمكن ايجاد ذلك بطريقة اخرى وهى

حد/حدَ = جيب (ن)

حدَ/حص = جيب(٩٠ – م)

فبضرب الطرفين يحدث

حد/حص = جيب (ن) جيب (٩٠ – م)

وهو المطلوب اهـ مترجم

وموازيا للافق وأنزلنا عمودا على الافق من نقطة غاية ارتفاع الشمس التى على المدار المذكور فنسبة الجزء من هذا العمود المحصور بين ذلك المستوى وسطح الافق الى نصف قطر الكرة يسمى بعد القطر فهو اذن عبارة عن جيب

فاذا فرضنا نصف القطر مساويا لواحد يكون بعد القطر هو الخط (ب د) (شكل ٩٥)

ولاستخراجه نقول

$$\frac{ب ح}{ح ص} = جيب (ن + م)$$

أعنى

$$\frac{ب ح}{ر} = جيب (ن + م)$$

ولكن قد وجدنا سابقا أن

$$\frac{د ح}{ر} = \frac{1}{2} [جيب (ن + م) + جيب (ن - م)]$$

فبطرح هذه المعادلة من المعادلة الاولى يحدث

$$\frac{ب ح - د ح}{ر} = \frac{جيب (ن+م) - جيب (ن \times م)}{2} - جيب (ن - م)$$

ومنها

$$\frac{د ب}{ر} = \frac{جيب (ن+م) - جيب (ن -) م}{2}$$

$$= تمام جيب (ن) \times جيب (م)$$

و

$$\frac{د ب}{ر} = جيب (90 - ن) \times جيب (ن - م)$$

$$= جيب (العرض) \times جيب (الميل)$$

وهو المطلوب

ويعلم من هذا القانون انه اذا كان العرض فقط أو الميل فقط صفرا يكون بعد القطر صفرا أيضا

(ملحوظ) - اذا علم بعد القطر وغاية الارتفاع يمكن استخراج الاصل المطلق منهما فلو فرضنا العرض والميل شماليين يكون

ب ح — ب د = د ح

أى أن جيب غاية الارتفاع ناقصا بعد القطر يساوى الاصل واذا فرضنا العرض والميل مختلفين أى أحدهما شماليا والآخر جنوبيا يكون الاصل مساويا لحاصل جمع جيب الغاية وبعد القطر

(فى تعيين الاصل المعدّل)

(١٧٦) « فى معرفة الاصل المعدّل — اجمع بعد القطر مع جيب الارتفاع ان كان الميل مخالفا وخذ الفضل ان كان موافقا فما حصل أو بقى سهمه الاصل المعدّل »

فاذا فرضنا عرض البلد وميل الشمس فى جهة واحدة يكون

الاصل المعدّل = جيب (الارتفاع) — بعد القطر

واذا فرضناهما فى جهتين مختلفتين يكون

الاصل المعدّل = جيب (الارتفاع) + بعد القطر

وينتج من ذلك ان الاصل المعدّل انما هو جيب يتولد من فاضل جيبين أو من مجموعهما

لنفرض الشمس فى (لَ) مثلا (شكل ٩٥) فيكون

جيب الارتفاع = صَ لَ / م

وبعد القطر = ب د / م = صَ دً / م

وحيث ان العرض والميل فى شكلنا هما فى الجهة الشمالية فيلزم طرح أصغرهما من أكبرهما فيحدث أن

جيب (الارتفاع) — بعد القطر = (صَ لَ — صَ دً) / م = دً لَ / م

واذا فرضنا نصف القطر واحدا يكون أصل المعدل (دً لَ)

واذا كان العرض شماليا والميل جنوبيا يكون بعد القطر تحت الافق فيلزم حينئذ ضمه الى جيب الارتفاع اذ فى هذه الحالة يكون

(بً حَ) أى أصل المعدل = جيب (الارتفاع) + بعد القطر

(فى تعيين المحفوظ الاوّل والثانى وجيب الترتيب)

«فى معرفة المحفوظ الاوّل — ضع على تمام العرض وعلم على بعد القطر ثم انقل الى الستينى تجد المحفوظ الاوّل»

«فى معرفة المحفوظ الثانى بعد أخذ الارتفاع — ضع على تمام العرض وعلم على جيب الارتفاع ثم انقل الى الستينى تجد المحفوظ الثانى»

«فى معرفة جيب الترتيب — اجمع المحفوظ الاوّل والثانى فى البروج المخالفة وخذ الفضل فى الموافقة فما كان فهو جيب الترتيب»

فاذا وضعنا هذه القواعد على صورة قوانين نجد

$$\text{المحفوظ الاول} = \frac{\text{بعد القطر}}{\text{جيب (تمام العرض)}}$$

$$\text{المحفوظ الثانى} = \frac{\text{جيب (الارتفاع)}}{\text{جيب (تمام العرض)}}$$

$$\text{جيب الترتيب} = \text{المحفوظ الثانى} \pm \text{المحفوظ الاول}$$

ولحساب الاوّل والثانى من هذه القوانين تستعمل الطريقة الثانية المذكورة فى مادة (١٦٣) فاذا كانت الشمس فى جهة مخالفة للعرض يضم أحد المحفوظين للآخر فيحدث جيب الترتيب واذا كانت فى جهة موافقة للعرض يطرح أحدهما من الآخر

وقد سمت العرب هذه الاشياء الثلاثة بالمحفوظ الاوّل والمحفوظ الثانى وجيب الترتيب لكثرة استعمالهم لها فى عملياتهم وكثيرا ماتستبهم حقائقها على الطالبين ولكن اذا تأملت فيما سنلقيه عليك الآن تنكشف لك وجوه معانيها

اذا أنزلنا خطا عموديا من موضع الشمس على الفصل المشترك بين مدارها وسطح الافق يكون هذا العمود المحفوظ الثانى واذا رسمنا من مركز المدار خطا موازيا للفصل المذكور فانه يقسم المحفوظ الثانى الى قسمين فالقسم الذى فى جهة الفصل المشترك يسمى المحفوظ الاوّل والقسم الذى فى جهة الشمس يسمى جيب الترتيب

ولايضاح ذلك نفرض (ع عَ) الافق (شكل ٩٦) و (ص صَ) مدار الشمس و (م) مركزه و (ح حَ) سطحا مارا من هذا المركز وموازيا للافق و (لَ) موضع الشمس و (ن نَ) الفصل المشترك بين المدار والافق و (ك كَ) خط تقاطع السطح (ح حَ) وسطح المدار فهو مواز للفصل المشترك (ن نَ) . و (ل ط) العمود النازل من موضع الشمس على (ن نَ) فيكون هو المحفوظ الثانى وقسمه

(ء ط) المحفوظ الاول و (ء ل) جيب الترتيب

ولاستخراج مقادير هذه الكميات نقول فى المثلث (ء هـ ط) القائم الزاوية لنا

$$\frac{\text{ءهـ}}{\text{ءط}} = \text{جيب (ء هـ ط)}$$

ولكن

هـ ء = بعد القطر

ء ط هـ = تمام عرض البلد

فاذن

$$\frac{\text{بعد القطر}}{\text{ء ط}} = \text{جيب (تمام العرض)}$$

أو

$$\frac{\text{بعد القطر}}{\text{جيب (تمام العرض)}} = \text{ء ط} = \text{المحفوظ الاول}$$

وفى المثلث (ط ب ل) القائم الزاوية لنا

$$\frac{\text{ب ل}}{\text{ل ط}} = \text{جيب (ل ط ب)}$$

ولكن

ب ل = جيب (الارتفاع)

ل ط ب = تمام العرض

فاذن

$$\frac{\text{جيب (الارتفاع)}}{\text{ل ط}} = \text{جيب (تمام العرض)}$$

$$\frac{\text{جيب (الارتفاع)}}{\text{جيب (تمام العرض)}} = \text{ل ط} = \text{المحفوظ الثانى}$$

وأما جيب الترتيب فكانوا يعرفونه بضم المحفوظين أو بطرح أحدهما من الآخر كما تقدم ويمكن معرفته أيضا بواسطة أصل المعدل (ح ل) المذكور فى مادة (١٧٦) بأن يقال

$$\frac{\text{ح ل}}{\text{ل د}} = \text{جيب (ل د ح)}$$

أو

$$\frac{\text{ح ل}}{\text{جيب (ل د ح)}} = \text{ل د}$$

أعنى

$$\frac{\text{أصل المعدل}}{\text{جيب (تمام العرض)}} = \text{د ل} = \text{جيب الترتيب}$$

أى انه اذا قسم أصل المعدل على جيب تمام العرض باحدى الطرق المذكورة فى مادة (١٦٣) يحصل على جيب الترتيب واذا كان الارتفاع مجهولا يمكن معرفة جيب الترتيب بالطريقة الآتى بيانها ومتى علم يستخرج منه المحفوظ الثانى لان

المحفوظ الثانى = جيب الترتيب $\mp$ المحفوظ الاول

فالعلامة + تكون للبروج الشمالية والعلامة ــ للبروج الجنوبية وبيان تلك الطريقة ان يقال لنا فى المثلث (د م ل) القائم الزاوية

$$\frac{\text{د ل}}{\text{ل م}} = \text{جيب (د م ل)}$$

$$= \text{تجيب (ل م صَ)}$$

ومنه

$$\text{ل م} = \frac{\text{د ل}}{\text{تجيب (ل م صَ)}}$$

وفى المثلث (م صَ بَ)

$$\text{م صَ} = \frac{\text{صَ بَ}}{\text{جيب (تمام العرض)}}$$

وحيث ان (ل م) و (م صَ) متساويان لانهما نصف قطر المدار يحدث

$$\frac{\text{د ل}}{\text{تجيب (م ل صَ)}} = \frac{\text{صَ بَ}}{\text{جيب (تمام العرض)}}$$

ومنها

$$\text{د ل} = \text{تجيب (ل م صَ)} \times \frac{\text{صَ بَ}}{\text{جيب (تمام العرض)}}$$

ولكن

ولكن قلنا فى مادة (١٧٤) ان

ص َ ب َ = الاصل المطلق

= جيب (تمام العرض) جيب (تمام الميل)

فاذن

ء ل = تجيب (ل م ص َ) جيب (تمام الميل)

وسيتبين لنا من مادة (١٧٨) أن زاوية (ل م ص َ) هى فضل الدائر فيكون اذن

ء ل = جيب الترتيب = جيب (تمام فضل الدائر) جيب (تمام الميل)

وبناء عليه اذا علم فضل الدائر وكان الارتفاع مجهولا يمكن بواسطة هذا القانون استخراج جيب الترتيب

(فى تعيين نصف الفضلة ومدة الليل والنهار ووقت الطلوع والزوال)

(١٧٧) « فى معرفة نصف التعديل من الاصل وبعد القطر - ضع على الستينى وعلم على الاصل ثم حرك الخيط حتى يقع المرى على بعد القطر فما قطع من القوس فهو نصف التعديل ويسمى نصف الفضلة »

معنى ذلك ان

جيب (نصف الفضلة) = بعد القطر / الاصل المطلق

وباستعمال الطريقة الاولى المبينة فى مادة (١٦٣) لاجراء هذه القسمة يعلم جيب نصف الفضلة ومنه تعلم زاويته غير انه ينبغى أن يعلم ان تلك الطريقة تستدعى وضع الخيط على الزاوية وقد اتضح لنا من مادتى (١٧٤) و (١٧٥) ان الاصل المطلق وبعد القطر انما هما جيبان فيمكن اذن وضع الخيط على الستينى ويعلم على الجيب المسمى بالاصل المطلق ثم يحرك الخيط حتى يقع المرى على الجيب المبسوط الخارج من مقدار بعد القطر ويرى من ذلك انه يمكن اجراء عملية الضرب والقسمة سواء علمت الزاوية أو جيبها فقط

ونصف الفضلة ويقال له نصف التعديل هو نصف الفاضل بين مدة النهار أو الليل واثنتى عشرة ساعة والاوفق أن يقال انه نصف الفاضل بين قوس النهار أو الليل ومائة وثمانين درجة

ولايجاد القانون المتقدم ذكره نقول ليكن (ع ع َ) أفق المحل (شكل ٩٧) و (هـ ع) مدار الشمس فى يوم مفروض فقوس النهار يكون (ب َ هـ ب) ولنرسم من مركز المدار

(م)سطحا موازيا للافق فيقطع المدار المذكورعلى الخط (مَ لَ) ويكون القوس(مَ هلَ) الذى فوق هذا الخط مائة وثمانين درجة و يحدث

$$\frac{\text{بَ هـ ب ــ مَ هـ لَ}}{\text{٢}} = \text{ب لَ}$$

وبوصل نقطتى م و ب بالخط (م ب) يكون

$$\frac{\text{بَ هـ ب ــ مَ هـ لَ}}{\text{٢}} = \text{ب م لَ}$$

فيؤل الامر الى تعيين هذه الزاوية (ب م لَ) ولاجل ذلك يقال لنرسم من نقطة (ب) العمود (ب ح) على (م لَ) فلنا فى المثلث (ب م ح) القائم الزاوية

$$\frac{\text{ب ح}}{\text{ب م}} = \text{جيب (ب م ح)} = \text{جيب (نصف الفضلة)}$$

ولكن

$$\text{ب ح} = \text{ں م}$$

$$\text{و} \qquad \text{ب م} = \text{م هـ}$$

فاذن

$$\frac{\text{ں م}}{\text{م هـ}} = \text{جيب (نصف الفضلة)}$$

ولكون المثلثين (ں ک م) و(م ء هـ) متشابهين يحدث أن

$$\frac{\text{ں م}}{\text{م هـ}} = \frac{\text{ک م}}{\text{ء هـ}}$$

فاذن

$$\text{جيب (نصف الفضلة)} = \frac{\text{ک م}}{\text{ء هـ}}$$

وحيث ان (ک م) هو بعد القطر و (ء هـ) الاصل المطلق كما قلنا فى مادتى (١٧٥) و (١٧١) فيكون

$$\text{جيب (نصف الفضلة)} = \frac{\text{بعد القطر}}{\text{الاصل المطلق}}$$

وهو المطلوب

ولم يقتصر مؤلفو العرب على هذا القانون لاستخراج نصف التعديل بل أدخلوا فيه مقادير بعد القطر والاصل المطلق والمحفوظين فجاء على صور مختلفة مثال ذلك

جيب

جيب (نصف الفضلة) = المحفوظ الاول / جيب تمام الميل

= جيب (العرض) / الاصل المطلق × جيب الميل

= مماس (العرض) × مماس (الميل)

والمتداول فى هذا الزمان لاستخراج نصف التعديل استعمال هذه الطريقة بان يقال ليكن المثلث الكروى القائم الزاوية (ب م ح) (شكل ٩٨) حيث ان الضلع (ب م) عبارة عن قوس الدائرة العظمى التى تقاس عليها الزاوية (ح ى) فلنا بمقتضى القانون

مماس (الضلع) = مماس (الزاوية المقابلة لذلك الضلع) × جيب (الضلع الآخر)

مماس (ب ح) = مماس (ب م ح) × جيب (م ب)

ومنه

جيب (م ب) = مماس (ب ح) / مماس (ب م ح)

وبما ان

ب م ح = تمام عرض البلد

و ب ح = ميل الشمس فى اليوم المفروض

فيمكن بواسطة اللوغاريتمات استخراج (م ب) من ذلك القانون

مثال ذلك — اذا فرضنا تمام العرض = ١٩°

وميل الشمس = ٨°

يكون الحل بالربع

بعد القطر = جيب ٤١° × جيب ٨° = ٥٫٥

الاصل المطلق = جيب (٩٠ — ٤١°) ×

جيب (٩٠ — ٨°) = ٤٤٫٩

نصف الفضلة = ٥٫٥ / ٤٤٫٩ = ٧° ,, ٠٠

وباللوغاريتمات

لوغا مماس ٨° = ٩٫١٤٧٨٠٢٥

لوغا مماس ٤٩° = ٠٫٠٦٠٨٣٦٩

لوغا جيب (نصف الفضلة) = ٩٫٠٨٦٩٦٥٦

نصف الفضلة = ٧° ,, ٠١َ

وليلاحظ أن $\frac{٥٫٥}{٤٤٫٩}$ لايدل على خارج قسمة ٥٫٥ على ٤٤٫٩ بل على لزوم قسمة الجيب المبسوط الخارج من نقطة ٥٫٥ من الستينى على الجيب المبسوط الخارج من نقطة ٤٤٫٩ ومع ذلك اذا أريد ايجاد نصف الفضلة بواسطة هذين العددين يلزم ضرب خارج القسمة فى ٦٠ كما لايخفى فيكون

$$\frac{٥٫٥}{٤٤٫٩} = ٠٫١٢٢$$
$$\frac{٦٠}{٧٫٣٢٠}$$

أى ان نصف الفضلة هو القوس (٧°) الذى يفصله الجيب المبسوط المار بنقطة الستينى المقابلة للعدد ٧٫٣٢٠ ويؤخذ من المثال السابق ان الفرق بين الحلين المذكورين انما هو دقيقة واحدة ولا غرابة فى ذلك اذ قد يقع فى الحل بواسطة الربع خطأ من ثلاث دقائق الى خمس

اذا عرفت كيفية تعيين نصف الفضلة وأردت بعد ذلك معرفة مدة النهار والليل ووقت الزوال والطلوع فراجعة ماذكر فى مادة (١٤٧) كاف للغرض ووافٍ بالمقصود

(فى استخراج الدائر وفضل الدائر)

(١٧٨) « فى معرفة فضل الدائر والدائر من الاصل المطلق والاصل المعدّل — ضع على الستينى وعلم على الاصل المطلق ثم حرك الخيط حتى يقع المرى على الاصل المعدّل فاقطع من معكوس القوس فهو فضل الدائر هو الباقى للزوال ان كنت قبله والماضى منه ان كنت بعده وما قطع الخيط من أول القوس زد عليه نصف الفضلة ان كان الميل موافقا وانقصه ان كان مخالفا فما كان فهو الدائر ان كان الارتفاع شرقيا هو الماضى من الشروق والا فهو الباقى للغروب » فبوضع هذه القاعدة على صورة قانون يحدث

$$\text{تمام جيب (فضل الدائر)} = \frac{\text{الاصل المعدّل}}{\text{الاصل المطلق}}$$

ويعلم خارج القسمة هذا بواسطة الطريقة الاولى المذكورة فى مادة (١٦٣) مع ملاحظة ان خارج القسمة المذكور هو تمام جيب فعلى هذا يلزم أخذ العدد المعكوس المقابل لنقطة تلاقى الخيط بقوس الربع فيكون هو فضل الدائر فاذا كان الارتفاع شرقيا يدل ذلك العدد على الزمن الباقى للزوال وان كان الارتفاع غربيا يدل العدد المذكور على مامضى من الزوال فبطرح فضل الدائر من نصف مدة النهار المتقدم تعيينه أو بضمه اليه تعلم الساعة المقابلة للارتفاع المفروض

واذا طرح فضل الدائر من تسعين أى اذا أخذ العدد المستوى المقابل لنقطة تلاقى المحيط بقوس الربع ثم أضيف الى نصف الفضلة اذا كان العرض والميل فى جهة واحدة أوطرح منه اذا كانا فى جهتين مختلفتين فالمجموع أوالفاضل يدل على دائر وقت الارتفاع بحيث انه اذا كان الارتفاع شرقيا يعلم الماضى من الشروق واذا كان غربيا يعلم الباقى منه

وكيفية انشاء القانون المتقدّم ذكره أن يقال لنفرض الشمس فى (ل) (شكل ٩٦) وقت أخذ ارتفاعها فالماضى من الزوال هو القوس (صَ ل) والباقى للغروب هو القوس (ل نَ) فالاول هو فضل الدائر والثانى الدائر ولنا فى المثلث القائم الزاوية (ء ل م)

$$\frac{\text{ء ل}}{\text{ل م}} = \text{جيب (ءَ م ل) = تمام جيب (ل مَ ص)}$$ أى فضل الدائر

وحيث ان المثلثين (ء ل ح) و (مَ ص بَ) متشابهان فلنا

$$\frac{\text{ء ل}}{\text{ل ح}} = \frac{\text{مَ ص}}{\text{صَ بَ}}$$

ومنه

$$\text{ء ل} = \frac{\text{ل ح} \times \text{مَ ص}}{\text{صَ بَ}}$$

أما (م ل) و (مَ ص) فهما نصفا قطرى المدار فهما اذن متساويان وبوضع (م ل) بدلا من (مَ ص) يحدث

$$\text{ء ل} = \frac{\text{ل ح} \times \text{م ل}}{\text{صَ بَ}}$$

وبوضع هذا المقدار فى المعادلة الاولى ينتج

$$\frac{\text{ل ح} \times \text{ل م}}{\text{صَ بَ} \times \text{ل م}} = \text{تمام جيب (فضل الدائر)} = \frac{\text{ل ح}}{\text{صَ بَ}}$$

أما (ل ح) فهو بمقتضى ماذكر فى مادة (١٧٦) الاصل المعدّل و (صَ بَ) بمقتضى ماذكر فى مادة (١٧٤) الاصل المطلق فلنا اذن

$$\text{تمام جيب (فضل الدائر)} = \frac{\text{الاصل المعدل}}{\text{الاصل المطلق}}$$

والدائر = ل م كَ + كَ م نَ

وحيث ان

ل م كَ = ٩٠ — فضل الدائر

كَ م نَ = نصف الفضلة

يكون

الدائر = ٩٠ — فضل الدائر ∓ نصف الفضلة

فاذا كان العرض وميل الشمس فى جهة واحدة كما هو فى شكلنا يلزم أخذ العلامة +
واذا كانا فى جهتين مختلفتين تؤخذ العلامة —

والمشهور فى زمننا هذا استخراج فضل الدائر من المثلث الكروى المائل الزاوية الذى رؤسه سمت الرأس وموضع الشمس وقطب العالم واضلاعه تمام العرض وتمام الارتفاع وتمام ميل الشمس وذلك باستعمال القانون الذى يعلم منه نصف الزاوية القطبية المحصورة بين تمام الميل وتمام العرض بالنسبة الى نصف مجموع الاضلاع

مثال : عرض البلد = ٤١° شمالية

ميل الشمس = ٨° شمالية

ارتفاع الشمس = ٣٥° بعد الزوال

(فبالربع يقال)

الاصل المطلق = جيب (تمام العرض) جيب (تمام الميل) مادة (١٧٤)

بعد القطر = جيب (العرض) جيب (الميل) « (١٧٥)

الاصل المعدل = جيب (الارتفاع) — بعد القطر « (١٧٦)

جيب (الارتفاع) = جيب ٣٥° = ٣٤,٥

بعد القطر = جيب ٤١° × جيب ٨° = ٥,٥

الاصل المعدل = ٢٩,٠

الاصل المطلق = جيب ١٩° × جيب ٨٢ = ٤٤,٩

فبالطريقة الاولى المذكورة فى مادة (١٦٣) نجد

الاصل

$\frac{\text{الاصل المعدل}}{\text{الاصل المطلق}}$ = تمام جيب (فضل الدائر) = ٥َ ٤ ,, ٤٩ْ

وبطريقة أخرى نضرب $\frac{٢٩}{٤٤,٩}$ = ٠,٦٤٦ في ٦٠ فيحصل ٠,٦٤٦ × ٦٠ = ٣٨,٧٦

والقوس الذى تمام جيبه (٣٨,٧٦) = ٥َ ٤ ,, ٤٩ْ

وهو المطلوب

(وبطريقة قانون نصف مجموع الاضلاع واللوغاريتم يقال)

جيب (نصف فضل الدائر) = $\frac{١}{٢}$م =

$$\sqrt{\frac{\text{جيب}(ذ - بَ)\ \text{جيب}(ذ - حَ)}{\text{جيب بَ} + \text{جيب حَ}}}$$

بَ = تمام الميل = ٨٢ْ

حَ = تمام العرض = ٤٩

م = تمام الارتفاع = $\frac{٥٥}{١٨٦}$

ذ = نصف مجموع الاضلاع = $\frac{١٨٦}{٢}$ = ٩٣

ذ ــ بَ = ١١

ذ ــ حَ = ٤٤

لوغا جيب ١١ْ = ٩,٢٨٠٠٥٩٨٨

لوغا جيب ١٤ = ٩,٨٤١٧٧١٣

التمام العددى للوغا جيب ٨٢ = ٠,٠٠٤٢٤٧٢

التمام العددى للوغا جيب ٤٩ = ٠,١٢٢٢٠١

= ٢ : ١٩,٢٤٨٨٣٧٤

لوغا جيب (نصف فضل الدائر) = ٩,٦٢٤٤١٨٧

فنصف فضل الدائر = ٥٤َ ,, ٢٤ْ

ونصف الدائر = (٤٨َ ,, ٤٩ْ)

ويتبين من هــذا المثال ان الحلين يكادان يكونان متساويين ثم ان فى استعمال

اللوغارتمات زيادة ضبط ولكن فيه زيادة تعب أيضا عن استعمال الربع ولا يخفى انه يمكن حل قانون نصف مجموع الاضلاع بواسطة الربع بغاية السهولة

(فى تعيين وقت الارتفاع)

نصف الفضلة $= 7^{\circ}$ مادة (١٧٧)

دقيقه	ساعات	+٩٠	
٢٨	٦	٩٧	نصف قوس النهار
١٩	٣	٤٨رر٤٩	الفضل الدائر أى الماضى من الزوال
٠٩	٣	١٢رر٤٧	الدائر أى مايبقى للغروب

دقيقه	ساعه	
٠	١٢	وقت الغروب
٠٩	٣	الدائر
٥١	٨	وقت الارتفاع بدون تصحيح
٠٨	٠	التمكين
٤٣	٨	وقت الارتفاع بالساعة الغروبية

ولم يكتف علماء العرب بالقانون المتقدم ذكره لاستخراج فضل الدائر بل استعملوا قوانين أخرى فما وقفنا عليه منها

$$\text{تمام جيب (فضل الدائر)} = \frac{\text{جيب الترتيب}}{\text{تمام جيب (الميل)}}$$

$$\text{تمام جيب (فضل الدائر)} = \frac{[\text{الاصل المطلق} - (\text{جيب الغاية} - \text{جيب الارتفاع})]}{\text{الاصل المطلق}}$$

$$\text{تمام جيب (فضل الدائر)} = \frac{\text{الاصل المعدل}}{\text{تجيب (العرض) تجيب (الميل)}}$$

$$\text{تمام جيب (فضل الدائر)} = \frac{\left(\text{جيب (تمام العرض)} - \frac{\text{جيب الغاية} - \text{جيب الارتفاع}}{\text{تجيب الميل}}\right)}{\text{تمام جيب (العرض)}}$$

$$\text{تمام جيب (فضل الدائر)} = \frac{\left(\text{جيب (تمام الميل)} - \frac{\text{جيب الغاية} - \text{جيب الارتفاع}}{\text{جيب (تمام العرض)}}\right)}{\text{جيب (تمام الميل)}}$$

تمام

$$\text{تمام جيب (فضل الدائر)} = \frac{\text{الاصل المطلق} - (\text{جيب الغاية} - \text{جيب الارتفاع})}{\text{تجيب (الميل) تجيب (العرض)}}$$

$$\text{سهم فضل الدائر} = \frac{\text{جيب الغاية} - \text{جيب الارتفاع}}{\text{تجيب (العرض)}}$$

وجميعها تحل بالقواعد المعروفة فلا حاجة الى ذكرها هنا غير انه يلزم التنبيه على ان حل القانون الاخير يحصل منه على جيب فيقرأ مقداره على الستينى ثم يبحث على الجيب التام عن العدد المعكوس المساوى لذلك المقدار ويخرج منه على الجيب المنكوس فيلاقى قوس الربع فى نقطة يدل عددها المستوى على فضل الدائر وبعبارة أخرى بعد استخراج الجيب يلزم تحويله الى السهم بالطريقة التى سبق شرحها

(فى استخراج ارتفاع الشمس من فضل الدائر)

(١٧٩) « فى معرفة ارتفاع فضل الدائر بطريق المحفوظين وتمام الميل ـ ضع الخيط على الستينى وعلم على جيب تمام الميل ثم انقل الخيط الى فضل الدائر من معكوس القوس ان كان أقل من (ص) والا فعلى الزائد على (ص) من أول القوس تجد المرى على جيب الترتيب فاجمعه مع المحفوظ الاول ان كان الميل موافقا والا فخذ الفضل فما كان فهو المحفوظ الثانى فضع على الستينى وعلم على جيب تمام العرض ثم انقل الى قوس المحفوظ الثانى تجد المرى على جيب الارتفاع »

فبوضع هذه القاعدة على صورة قانون يحدث

$$\text{جيب (الارتفاع)} = \text{المحفوظ الثانى} \times \text{جيب (تمام العرض)}$$

أما المحفوظ الثانى فقد عيناه فى مادة (١٧٦) ووجدنا ان

$$\text{جيب الترتيب} = \text{تجيب (فضل الدائر)} \times \text{جيب (تمام الميل)}$$

$$\text{والمحفوظ الاول} = \frac{\text{بعد القطر}}{\text{جيب (تمام العرض)}}$$

$$\text{والمحوط الثانى} = \text{جيب الترتيب} \mp \text{المحفوظ الاول}$$

فبعد تعيين جيب الترتيب تؤخذ العلامة + اذا كان العرض والميل متفقى الجهة والعلامة ــ ان كانا مختلفيها ويعلم حينئذ المحفوظ الثانى

وحيث ان المحفوظ الثانى هذا انما هو عبارة عن جيب فبمقتضى ما قيل فى مادة (١٥٩) يعين الارتفاع المطلوب بوضع الخيط على الستينى ويعلم على المحفوظ الثانى وينقل على

زاوية تمام العرض فيقع المرى على جيب مبسوط يلاقى قوس الربع فى نقطة يكون عددها المستوى هو الارتفاع المذكور

(مثال)

اذا فرضنا العرض = ٠٠ رر ٤١° شماليه

والميل = ٠٠ رر ٨°

وفضل الدائر = ٤٨َ رر ٤٩° غربيه

يكون

جيب الترتيب = جيب ١٢َ رر ٤٠° × جيب ٨٢° = ٣٨٫٢

المحفوظ الاول = بعد القطر / جيب (تمام العرض) = جيب ٤١ × جيب ٨ / جيب ٤٩ = ٨٫٤

جيب الترتيب + المحفوظ الاول = ٤٥٫٦٠

جيب الارتفاع = ٤٥٫٦ جيب ٤٩° = ٣٤٫٥

فالارتفاع = ٣٥° غربية

اذا كان فضل الدائر أكبر من تسعين درجة كأن يكون ٩٧° فحيث ان تمام جيب متممه أى تمام جيب ٨٣° يكون مساويا لجيب تمامه أى لجيب ٧° فاذا ضرب جيب الفرق بينه وبين التسعين درجة أى جيب ٧° فى جيب تمام الميل يحصل جيب الترتيب

واذا وجد جيب الترتيب أعظم من الستين يؤخذ من الربع جيب تمام العرض ويضرب مقداره العددى فى جيب الترتيب ثم يقسم الحاصل على ستين فالخارج يكون جيب الارتفاع

وقد استعمل العرب قوانين اخرى خلاف القانون المتقدم ذكره لاجل تعيين ارتفاع فضل الدائر وهى

جيب (الارتفاع) = الاصل المطلق × جيب (تمام فضل الدائر) ± بعد القطر

فتؤخذ العلامة + اذا كان العرض والميل متفق الجهة والا فالعلامة —

ثم

جيب

جيب الارتفاع = جيب تمام العرض × (سهم نصف قوس النهار — سهم فضل الدائر) جيبا (١)

ثم

جيب الارتفاع = $\frac{\frac{1}{2} \text{جيب الغاية}}{\frac{1}{2} \text{سهم نصف قوس النهار جيبا}}$ × جيب (تمام فضل الدائر) ∓ بعد القطر

هذا وقد تقدم فى مادة (١٢١) انه لابد لرسم خطوط ساعات بسيطة اليد من تعيين ارتفاع الشمس لكل ربع ساعة أو لكل عشر دقائق أى ارتفاعها بالنسبة الى فضل الدائر المفروض وقد أجرينا ذلك بواسطة قوانين حساب المثلثات الكروية وحيث انه يشاهد على بعض الارباع القديمة رسم ما سميناه ببسيطة اليد فيظهر ان ذلك الرسم عمل فى الزمن السالف بتعيين ارتفاع الشمس بواسطة أحد القوانين التى ذكرناها هنا

ولنضرب مثالا يتضح به المقام وان كان حلّ أىّ قانون داخل فيه السهم لاصعوبة فيه فنقول

ليكن القانون

جيب الارتفاع = جيب (تمام العرض) × (سهم نصف قوس النهار — سهم فضل الدائر) جيبا

ولنفرض

عرض البلد	=	٤١° ,, ٠٠َ شماليه
ميل الشمس	=	٨ ,, ٠٠ «
فضل الدائر	=	٤٩ ,, ١٨ غربيه

فيكون

نصف الفضلة		= ٧°	مادة (١٧٧)
نصف الفضلة + ٩٠ = نصف قوس النهار		= ٩٧	
سهم ٩٠°		= ٦٠	
جيب ٧°		= ٧,٤	
سهم ٩٧° = سهم نصف قوس النهار		= ٦٧,٤	مادة (١٥٧)
سهم فضل الدائر = سهم ٤٩° ,, ٤٨َ		= ٢١,٤	مادة (١٥٧)
سهم نصف قوس النهار — سهم فضل الدائر		= ٤٦,٠ (جيبا)	

(١) القصد من لفظة (جيبا) هو أنه لضرب السهم فى الجيب يلزم اعتبار السهم جيبا ويجرى العمل كما تقدم فى ضرب الجيب فى الجيب أى يؤخذ السهم على الستينى ويستمر العمل على الجيب المبسوط الخارج من مقدار السهم كما هو معلوم واذا زاد السهم من ٦٠ يصرف النظر عن هذا العدد ويجرى العمل على الباقى

وضع بعد ذلك الخيط على الستينى وعلم بالمرى على العدد ٤٦ وانقل الى زاوية تمام العرض يقع المرى على الجيب المبسوط الفاصل من قوس الارتفاع المطلوب أعنى أن

جيب (تمام العرض) × ٤٦ جيبا = ٣٥

وهو ارتفاع غربى

(فى العصر ووقته)

(١٨٠) « فى معرفة ظل العصر وارتفاعه والدائر بينه و بين الظهر والدائر بينه و بين الغروب — حصل ظل الغاية المبسوط وزد عليه قامته ثم حصل ارتفاع الجملة يحصل ارتفاع العصر فاستخرج فضل دائره بأحد الوجوه المتقدمة فما كان فهو فضل الدائر بين الظهر والعصر أسقطه من نصف قوس النهار يبقى مابين العصر والغروب وأما آخر وقت الاختيار وهو أول الوقت عند الامام أبى حنيفة فزد على ظل الغاية ضعف قامته واستخرج ارتفاع الجملة ثم استخرج فضل دائره بما تقدم يحصل الدائر بين الظهر وآخر وقت الاختيار»

تقدم لك فى مادة (٨٩) تحقيق شاف فيما يتعلق بالعصر ووقته فلا لزوم لاعادة شئ من ذلك هنا وانما نبين كيفية أخذ ارتفاعه وتعيين وقته بالربع المجيب فنقول اذا أريد تعيين ارتفاع العصر فى أىّ يوم كان يلزم أوّلا تعيين الظل المبسوط لغاية الارتفاع فى ذلك اليوم أعنى تمام مماسه بواسطة ماذكر فى مادة (١٥٦) ثم يضاف اليه ١٢ فيحصل عدد على الجيب التام يخرج منه على الجيب المنكوس فيلاقى الجيب المبسوط الخارج من القامة المفروضة فى نقطة اذا وضع عليها الخيط يفصل من قوس الربع ارتفاع العصر الاول واذا أضيف ٢٤ بدل ١٢ الى تمام المماس المذكور وأجريت هذه العملية يحدث ارتفاع العصر الثانى

ولايضاح ذلك نفرض غاية الارتفاع °٥٧ فاذا وضعنا الخيط على هذا القوس يقطع الجيب المبسوط الخارج من القامة المفروضة ١٢ على الستينى فى نقطة اذا خرجنا منها الى الجيب التام نجد تمام المماس ٧٫٨ فنضيف اليه العدد ١٢ يحصل ١٩٫٨ ونضيف اليه ٢٤ يحصل ٣١٫٨ ثم نبحث عن هذين الحاصلين على الجيب التام ونخرج من كل منهما على الجيب المنكوس المار به فنلاقى الجيب المبسوط المار

بالقامة

بالقامة المفروضة فى نقطتين اذا وضعنا على كل منهما الخيط يقطع قوس الربع على ارتفاع العصر الاول ثم على ارتفاع العصر الثانى ونجد ان الاول = ٢٠َ ,, ٣١° والثانى = ٣٠َ ,, ٢٠°

وقد يرسم على بعض الارباع خطان أحدهما لتعيين العصر الاوّل والثانى للثانى وهما نفس خطى العصر الآفاقى وقد تقدم كيفية رسمهما فى مادة (١٤٢) وحررنا لذلك الجدول (١٩) والجدول (٢٠) المحتويين على غايات الارتفاع من الصفر الى تسعين درجة وقد ذكرنا ذلك بالتفصيل الكافى فلا حاجة للتكرار وانما يلزمنا الكلام على كيفية رسم الخطين المذكورين على الربع وكيفية استعمالهما

فلاجل رسم خط العصر الاول نضع الخيط على القوس الذى عدده المستوى ٥َ ,, ١° وهو العدد الموجود فى خانة غاية الارتفاع من الجدول (١٩) ونعين نقطة تقاطعه بالجيب المبسوط المار بالعدد ١° ثم نضع الخيط على القوس ٥َ ,, ٢° ونعين نقطة تقاطعه بالجيب المبسوط المار بالعدد ٢° ثم نضعه على القوس ٥َ ,, ٣° ونعين نقطة تقاطعه بالجيب المبسوط المار بالعدد ٣° ثم نضعه على القوس ١٧َ ,, ٤° ونعين نقطة تقاطعه بالجيب المبسوط المار بالعدد ٤° ثم نضعه على القوس ٢٧َ ,, ٥° ونعين نقطة تقاطعه بالجيب المار بالعدد ٥° ونستمر فى العمل على هذا المنوال الى الدرجة ٩٠° فنضع الخيط على الستينى ونعين نقطة تقاطعه بالجيب المبسوط المار بالعدد ٤٥° فتحدث تسعة وثمانون نقطة اذا ضم بعضها الى بعضه بخط واحد يحدث خط العصر الاول (ح لَ ل) فابتداؤه درجة صفر وانتهاؤه جيب ٤٥° أما كونه يبتدئ بالصفر فلاننا لو وضعنا الخيط على هذه الدرجة كما تقدم مثاله فانه يقع على الجيب التام ويقطع الجيب المبسوط المار بها فى نفس نقطة الصفر

واذا أجرينا هذا العمل بواسطة الجدول (٢٠) نحصل على خط العصر الثانى وبواسطة هذين الخطين يمكن تعيين ارتفاع العصر فى أىّ يوم فرض وكيفية ذلك ان تؤخذ غاية الارتفاع فى اليوم المفروض ويوضع عليها الخيط فيقطع خط العصر فى نقطة يمر بها الجيب المبسوط الذى يفصل من قوس الربع قوسا يكون عدده المستوى عبارة عن ارتفاع العصر المطلوب

وأمّا تعيين وقت العصر فيحصل باستخراج فضل الدائر لارتفاعه وقد تقدم ذكر ذلك في مادة (١٧٨) فليراجع

(في بيان الشفق والفجر والامساك)

(١٨١) « في معرفة حصة الشفق وحصة الفجر ـ الشفق هو الحمرة المعترضة في أفق المغرب بعد الغروب ومن بعد غروبه يدخل وقت العشاء والفجر هو البياض المعترض في أفق المشرق وبطلوعه يدخل وقت الصبح وقد اختلف العلماء رضي الله عنهم فيهما فقالت جماعة من المتقدمين انهما متساويان ويستخرجان بانحطاط يح (١٨°) أي ان الشفق يغيب بانحطاط الشمس تحت الافق يح (١٨) درجة والفجر يطلع اذا كان بين الشمس وبين الافق يح (١٨) درجة أيضا وهذا القول ليس على ماينبغي لان القائل به قد قال بتساوي الحصتين والنظر يردّ هذا لانا نرى البياض يتأخر عن الحمرة في المغيب ويتقدم عليها في الطلوع بمقدار محسوس وقال بعض المتأخرين ان الحمرة تغرب والشمس منحطة على الافق يو (١٦°) والفجر يطلع منحطة ك (٢٠°) وبين هذا القول والقول الاول فرق عظيم وهو ضعيف أيضا لقلة من قال به من الرصاد وكان جمهور العلماء على ذلك وهو موجود في رسائلهم الى الآن قال الشيخ جمال الدين المارديني وقد امتحنها بعض حذاق المتأخرين في سنين متوالية فوجد الثمان عشرة وقت اسفار والعشرين وقت غلس قال والحق فيهما الزيادة والنقص بحسب العوارض الحادثة مثل صفاء الجو وكدورته وقوة البخار وخفته وشدّة الهواء ورقته ووجود القمر وغيبوبته وضعف نظر الراصد وحدّته والذي اعتمد عليه محققوا هذا العلم من الرصاد وغيرهم ان الشمس اذا انحطت عن أفق المغرب يز (١٧°) غرب الشفق واذا صار بينها وبين أفق المشرق يط (١٩°) طلع الفجر وانتهى الليل وهذا عليه عامة المؤقتين في هذا الزمان والفجر فجران صادق وكاذب فالكاذب يسبق الصادق في الطلوع ويطلع مستطيلا فوق العصابة السوداء التي تكون في آخر الليل وهذه العصابة قيل انها الخيط الاسود الذي يتبين من تحته الخيط الابيض وقيل ان الكاذب يتقدم على الصادق بقدر درجة تقريبا عن عرض (ل) (٣٠°) الى (م) (٤٠°) وليس بشئ واعلم ان الكلام الذي تقدم انما هو على الفجر الصادق فعلى هذا يكون لكل صبح فجر وليس لكل فجر صبح»

لما كان رأى المتقدمين الذى سمعته الآن فى مسئلة الشفق والفجر على غاية من الدقة والصحة لم نر بدًا من ادراجه بنصه مكتفين بنقل عبارتهم وبما قدمنا من التفصيلات فى هذا الصدد فى المادة (١٣٩) ونزيد على ذلك ان المتقدمين لم يتكلموا على وقت الامساك وقد قلنا فيما تقدم ان وقت الامساك هو الوقت الذى تكون فيه الشمس منحطة من جهة الشرق بقدر احدى وعشرين درجة وهو الرأى المعتبر اليوم

والذى أراه ان ماتقدم من الايضاحات فى مسئلة الفجر الكاذب والفجر الصادق هى فى غاية من الصحة اذ لامرية عندى فى ان الفجر الكاذب يكون غير محسوس فى البلاد التى عرضها يزيد على ٣٠° ففى الاستانة العلية مثلا يبتدئ الفجر مع طلوع الصبح الصادق وقوله « لكل صبح فجر وليس لكل فجر صبح » صحيح كما يشاهد ذلك فى البلاد القريبة من القطبين فان بعض تلك الجهات تغرب فيها الشمس تحت الافق بقدر سبع عشرة أو ثمان عشرة درجة ثم تتباعد عنه فالفجر هنالك يزول اذن قبل طلوع الصبح

(فى كيفية استخراج أوقات الشفق والفجر والامساك)

(١٨٢) ان وقت صلاة العشاء عند الامامين هو وقت ختام الشفق والفجر والامساك وقت ختام الليل ولا يخفى ان وقت العشاء يدخل عقب انحطاط الشمس بعد الغروب بسبع عشرة درجة ويدخل الفجر عند انحطاطها من جهة الشرق بتسع عشرة درجة ويكون وقت الامساك مع التمكين قبل الشروق باحدى وعشرين درجة ونصف درجة

فلاجل تعيين هذه الاوقات نفرض ان الشمس على المدار اليومى (ن ح) (شكل ٩٩) فاذا أريد معرفة وقت الامساك يلاحظ ان القوس (ب ى) للدائرة السمتية (ع ب ى) أى دائرة الارتفاع المارة بسمت القدم (ع) والنقطة (ب) يساوى احدى وعشرين درجة ونصف درجة ففى علم ارتفاع الشمس يبحث عن فضل الدائر للقوس (ن ب) بواسطة القانون

$$\text{تجيب (فضل الدائر)} = \frac{\text{الاصل المعدّل}}{\text{الاصل المطلق}}$$

المذكور فى مادة (١٧٨) ولكون تمام جيب (ن ب) يساوى جيب (ب م) يستعمل القانون

جيب (تمام فضل الدائر) = الاصل المعدّل / الاصل المطلق

وليلاحظ اننا استخرجنا الاصل المعدّل فى مادة (١٧٦) بواسطة المثلثات المشكلة فى جهة سمت الرأس ووجدنا انه يلزم استعمال القانون

الاصل المعدل = جيب الارتفاع — بعد القطر اذا كان الميل والعرض متحدى الجهة والقانون

الاصل المعدل = جيب الارتفاع + بعد القطر اذا كان الميل والعرض مختلفى الجهة

وحيث ان المطلوب الآن هو الاصل المعدل المستخرج من المثلثات المشكلة فى جهة سمت القدم يلزم استعمال هذين القانونين بعكس القاعدة المذكورة أى اذا كان الميل والعرض متحدى الجهة يؤخذ القانون

الاصل المعدل = جيب الارتفاع + بعد القطر

واذا كانا مختلفى الجهة يؤخذ القانون

الاصل المعدل = جيب الارتفاع — بعد القطر

وعلى ذلك يلزم لاجل تعيين أوقات الشفق والفجر والامساك حساب الاصل المعدل بالطريقة المذكورة ثم الاصل المطلق بالكيفية المذكورة فى مادة (١٧٤) ثم يقسم الاول على الثانى بقاعدة المادة (١٦٣) أعنى بوضع الخيط على الستينى ويعلم على الاصل المطلق ويدوّر الخيط حتى يقع المرى على الجيب المبسوط الخارج من الاصل المعدّل فيقطع قوس الربع على العدد المستوى الدال على تمام فضل الدائر (ب م) ويطرح بعد ذلك من القوس (ب م) نصف فضلته (هـ م) فيبقى القوس (ب هـ) فان دل على حصة الشفق يعلم وقت العشاء وان دل على حصة الفجر أو الامساك يطرح من مدة الليل (ل ں هـ) فيعلم وقت الفجر و وقت الامساك

ويظهر جليا من الشكل انه اذا كان الميل والعرض متحدى الجهة يلزم طرح نصف الفضلة من تمام فضل الدائر واذا كانا مختلفى الجهة يلزم ضمهما اليه

(مثال لتعيين وقت الامساك)

عرض

عرض البلد = ١١° شماليه
مارث الرومى × ٢٩
ميل الشمس = ٨° شماليه
انحطاط الامساك = ٣٠َ ر ٢١°

الاصل المعدل = جيب ٣٠ ر ٢١° + بعد القطر

جيب تمام فضل الدائر = الاصل المعدل / الاصل المطلق

حصة الامساك = تمام فضل الدائر — نصف الفضلة
وقت الامساك = مدة الليل — حصة الامساك

جيب ٣٠َ ر ٢١° = ٢١٫٩
بعد القطر (مادة ١٧٥) = ٥٫٥+

الاصل المعدل = ٢٧٫٤
الاصل المطلق (مادة ١٧٤) = ٤٤٫٩
تمام فضل الدائر = قوس ٢٧٫٤/٤٤٫٩ = ٣٠َ ر ٣٧°
نصف الفضلة (مادة ١٧٧) = ٧ —

حصة الامساك = ٣٠َ ر ٣٠° —
قوس ليلة اليوم المفروض = ٠٠ ر ١٦٦

١٣٥٫٣٠
٤

وقت الامساك المطلوب = ٠٠ ر ٠٢ ر ٩

أى انه فى يوم تسعة وعشرين من مارث يكون وقت الامساك بعد الساعة التاسعة بدقيقتين

وفى هذه الايام تستخرج هذه الحصص بواسطة اللوغارتمات من قانون نصف مجموع الاضلاع المذكور فى مادة (١٧٨)

(فى استخراج سعة الشمس)

(١٨٣) « فى معرفة سعة الشمس من الميل وتمام العرض — ضع على الستينى وعلم بالمرى على جيب تمام العرض ثم حرك الخيط حتى يقع المرى على جيب الميل فما قطع الخيط من أول القوس فهو المطلوب » ويوضع هذه القاعدة على صورة قانون يحدث

$$\text{جيب (السعة)} = \frac{\text{جيب (الميل)}}{\text{جيب (تمام العرض)}}$$

ويمكن اجراء هذه القسمة بالقاعدة المذكورة فى مادة (١٦٣)

أما تعريف السعة فهو قوس من الافق محصورة فى الجهة الشرقية بين نقطة شروق نقطة الاعتدال ونقطة شروق الشمس وفى الجهة الغربية بين نقطة غروب نقطة الاعتدال ونقطة غروب الشمس وقد يسمى الاول سعة المشرق والثانى سعة المغرب

لنفرض (ب م) (شكل ٩٨) نصف فضلة القوس (ء ح) و (ح ب) ميل الشمس وزاوية (ح م ب) تمام عرض البلد فالقوس (ح م) يكون سعة الشمس وهى عبارة عن وتر المثلث الكروى القائم الزاوية (ح ب م) فيمكن استخراجه بواسطة هذا القانون

$$\text{جيب (الميل)} = \text{جيب (السعة) جيب (تمام العرض)}$$

أو

$$\text{جيب (السعة)} = \frac{\text{جيب الميل}}{\text{جيب تمام العرض}}$$

وهذه الطريقة كما تستعمل الآن كانت تستعمل على مايقال فى أيام العرب ومع ذلك فقد وجدنا فى بعض الرسائل انهم كانوا يستعملون القانونين

$$\text{جيب (السعة)} = \text{مماس العرض} \times \text{جيب الغاية} - \text{جيب الغاية}$$

و $$\text{جيب (السعة)} = \text{جيب الغاية} - \text{مماس العرض} \times \text{جيب الغاية}$$

فالاول للحالة التى تكون فيها الشمس فى جهة العرض والثانى للحالة التى تكون فيها الشمس فى الجهة المخالفة لجهة العرض

(مثال)

تمام العرض = ٤٩°

ميل الشمس = ٨°

جيب الميل = ٨٫٣

جيب تمام العرض = ٤٥٫٣

$\frac{٨٫٣}{٤٥٫٣}$ = ٠٫١٨٣

٦٠ × ٠٫١٨٣ = ١٠٫٩٨

فسحة الشمس = ١٠° ٣٦َ

فاذا كانت الشمس فى أحد البروج الشمالية تكون سعتها شمالية بالنسبة الى نقطة الاعتدال وتكون جنوبية اذا كانت الشمس فى أحد البروج الجنوبية

(فى استخراج ارتفاع الشمس الذى سمته صفر)

(١٨٤) « فى معرفة الارتفاع الذى لاسمت له من العرض والميل ـ وهو لايكون الا اذا كان الميل أقل من العرض وهو موافق له ضع على الستينى وعلم على جيب العرض ثم حول الخيط حتى يقع المرى على جيب الميل فما قطع الخيط من أول القوس فهو الارتفاع الذى لاسمت له »

فبوضع هذه القاعدة على هيئة قانون بفرض (ع) الارتفاع الذى لاسمت له يحدث

$$\text{جيب ع} = \frac{\text{جيب الميل}}{\text{جيب العرض}}$$

والارتفاع الذى لاسمت له هو ارتفاع الشمس وقت مرورها بدائرة السمت (أى بسطح الدائرة العظمى) المارة بسمت الرأس العمودية على سطح نصف النهار وشرط وجوده أن يكون عرض البلد وميل الشمس متحدى الجهة والميل أقل من العرض فيقع حينئذ مرتين فى اليوم مرة فى جهة الشرق وأخرى فى جهة الغرب

ليكن (هـ هـَ) الافق (شكل ١٠٠) و (ن نَ) محور العالم و (ع عَ) خط الاستواء و (ل لَ) أول دائرة سمتية و (ك كَ) مدار الشمس فى اليوم المفروض فوقهما تكون عليه فى نقطة (م) يكون سمتها صفرا و (م ح) حينئذ الارتفاع الذى لاسمت له واذا رسمنا من نقطة (م) دائرة الميل يكون القوس (م ب) ميل الشمس والزاوية (م ح ب) عرض البلد ولنا فى المثلث الكروى (م ب ح) القائم الزاوية

جيب الضلع = جيب الوتر × جيب الزاوية المقابلة لذلك الضلع

أعنى أن

جيب م ب = جيب م ح × جيب م ح ب

أو

جيب ع = جيب (الميـل) / جيب (العرض)

فتى علم الميل والعرض يمكن استخراج الارتفاع الذى لاسمت له (ع) من هذا القانون

(مثال) العرض = ٤١° شمالية

الميـل = ٨° شمالية

جيب الميل = ٨٫٣

جيب العرض = ٣٩٫٤

٨٫٣ / ٣٩٫٤ = ٠٫٢١

٦٠ × ٠٫٢١ = ١٢٫٦

ع = ١٢° ،، ١٥َ

وهو المطلوب

وقد استعمل علماء العرب القوانين الآتية أيضا لاجل تعيين الارتفاع المذكور

جيب ع = (جيب الميل الاعظم / جيب العرض) × جيب طول الشمس

جيب ع = ٦٠ − (جيب العرض − جيب الميل) / جيب العرض

جيب ع = (جيب تمام العرض / جيب العرض) × جيب السعة

وبواسطة هذا القانون الاخير كان العرب يستخرجون السعة بعد معرفة الارتفاع الذى لاسمت له

ولا يخفى انه فى وقت حصول الارتفاع الذى لاسمت له يكون ظل الشاقول على سطح الافق عبارة عن خط المشرق والمغرب أى عبارة عن الفصل المشترك بين أول دائرة سمتية وسطح الافق فاذا تعين الارتفاع المذكور وأخذ فضل دائره لمعرفة وقت وقوعه

ثم رسم ظل الشاقول فى ذلك الوقت على سطح أفقى فاتجاه هذا الخط يدل على جهتى الشرق والغرب ويرسم عمود عليه يعلم الشمال والجنوب فبهذه الطريقة يمكن تعيين الجهات الاربع

(فى تعيين سمت الارتفاع)

(١٨٥) « أولا فى معرفة حصة السمت من ظل عرض البلد الستينى المنكوس — ضع على الستينى وعلم على الظل ثم انقل على الارتفاع تجد المرى على المطلوب » وبعبارة جبرية

حصة السمت = تماس العرض × جيب الارتفاع

«وثانيا فى معرفة تعديل السمت من حصته وجيب سعة المشرق — اجمع جيب السعة وحصة السمت ان كان الميل مخالفا وخذ الفضل ان كان موافقا فما كان فهو تعديل السمت وان لم يكن ميل فحصة السمت هى تعديله » يعنى أن

تعديل السمت = جيب السعة ± حصة السمت

فتؤخذ العلامة العليا ويطرح الاصغر من الاكبر ان كان الميل والعرض متحدى الجهة والعلامة السفلى ان كانا مختلفيها

واذا كان ميل الشمس صفرا فبالضرورة يكون جيب السعة كذلك وحينئذ تكون حصة السمت عبارة عن تعديله

« وثالثا فى معرفة السمت من تعديل السمت وتمام الارتفاع — ضع على الستينى وعلم على جيب تمام الارتفاع ثم حرك الخيط حتى يقع المرى على تعديل السمت فما قطع من القوس فهو السمت » أعنى أن

$$\text{زاوية السمت} = \frac{\text{تعديل السمت}}{\text{جيب تمام الارتفاع}}$$

والمراد بسمت أى جرم سماوى الزاوية الحادثة بين السطح المسمى مبدأ السموت والسطح الرأسى أى الدائرة السمتية المارة بذلك الجرم ليكن مثلا (ع عَ) الافق (شكل ١٠١) و (س) سمت الرأس و (م) مركز الكرة السماوية و (ش)موضع الشمس على المدار اليومى (ع ك ع) و (ن س نَ) مبدأ السموت أعنى الدائرة العظمى المارة بسمت الرأس وبنقطتى الاعتدالين (ن نَ) حينما تكونان على سطح الافق فالخط (ن نَ) يكون هو الفصل المشترك بين الافق ومبدا السموت

المذكور أى خط المشرق والمغرب ويكون الفصل المشترك (ص صَ) بين المدار اليومى وسطح الافق موازيا لذلك الخط (ن نَ)

فاذا تصورنا مرور سطح رأسى (م س ش هـ) بمحل الشمس (ش) وسمت الرأس (س) فسمت الشمس فى ذلك الوقت أى عند مايكون ارتفاعها (ش م هـ) هو الزاوية (هـ م ن) الحادثة بين السطح (هـ ش س م) والسطح (ن س م) وعلى هذا اذا عينت هذه الزاوية يعلم سمت الرأس بالنسبة الى الارتفاع (ش م هـ)

ومن الواضح اننا اذا فرضنا سطحا عموديا على الافق ومارّا بموضع الشمس (ش) وموازيا لسطح نصف النهار فانه يقطع المدار اليومى على خط (ش ل) والافق على خط (ل ح) ودائرة الارتفاع (م س هـ) على خط (ش ح) العمودى على الافق ويكون (ل ح) عموديا على الخطين المتوازيين (ن نَ) و (ص صَ) ففى المثلث (م ش ح) لنا

$$\frac{ح\ ش}{ش\ م} = \text{جيب} (ش\ م\ ح) \text{ أعنى جيب الارتفاع}$$

وبفرض نصف قطر الكرة واحدا يحدث

$$ح\ ش = \text{جيب الارتفاع}$$

و

$$م\ ح = \text{تمام جيب الارتفاع} = \text{جيب تمام الارتفاع}$$

وفى المثلث (ش ح ل) القائم الزاوية لنا

$$\frac{ل\ ح}{ح\ ش} = \text{تمام مماس ش ل ح} = \text{مماس ل ش ح}$$

فتكون (ش ل ح) هى الزاوية الحاصلة بين المدار والافق وحيث انها تساوى تمام عرض البلد و (ل ش ح) تساوى العرض المذكور يحدث

$$ل\ ح = ح\ ش \times \text{مماس العرض}$$

وبتبديل ح ش بما يساويه يحدث

$$ل\ ح = \text{مماس العرض} \times \text{جيب الارتفاع}$$

أو

$$ل\ ح = \frac{\text{جيب العرض}}{\text{جيب تمام العرض}} \times \text{جيب الارتفاع}$$

وقد

وقد سمت العرب (ل ح) هذا بحصة السمت وحيث ان

السعة = ص ں

وجيب السعة = د ص / ص م

فاذا فرضنا نصف القطر واحدا يكون

د ص = جيب السعة = ل ب

ل ح ــ ل ب = ب ح

أو

حصة السمت ــ جيب السعة = ب ح

وسمت العرب (ب ح) هذا بتعديل السمت

وفى المثلث (ب م ح) القائم الزاوية لنا

ب ح / ح م = جيب (ب م ح) أعنى جيب زاوية السمت

ولكن

ب ح = تعديل السمت

ح م = جيب تمام الارتفاع

فاذن

جيب زاوية السمت = تعديل السمت / جيب تمام الارتفاع

وهو المطلوب

ومما تقدم ينتج انه اذا علم ميل الشمس وأخذ ارتفاعها فى محل معلوم العرض يمكن معرفة حصة السمت بجيب السعة فتعديل السمت فزاوية السمت وينبغى ان يتنبه الى انه لابد فى استخراج تعديل السمت من أخذ الفرق بين جيب السعة وحصة السمت ان كان العرض وميل الشمس متفقى الجهة كما ترى فى الشكل وضم أحدهما الى الآخر اذا كانا مختلفين

(مثال)

عرض البلد = ٤١° شمالية فى ٢٩ مارث

ميل الشمس = ٨° شمالية

الارتفاع = ٣٨° شرقية

بالقانون (١)
مماس ٤١° (مادة ١٥٨) = ٤,١٠ (القامة المفروضة ١٢)
٥ × مماس ٤١° = ٥٢,٠ (القامة المفروضة ٦٠)
جيب ٣٨° = ٣٧
$\frac{٥٢ × ٣٧}{٦٠}$ أو مماس ٤١° × جيب ٣٨° = حصة السمت = ٣٢° (مادة ١٦٢)

بالقانون (٢)
حصة السمت = ٣٢
جيب السعة = جيب ٣٦َ ,, ١٠° (مادة ١٨٣) = ١١
تعديل السمت = ٢١

بالقانون (٣)
تعديل السمت = ٢١
جيب تمام الارتفاع = جيب ٥٢ = ٤٧,٣ } مادة (١٦٣)
$\frac{٢١}{٤٧,٣}$ = ٠,٤٤٤
٦٠ × ٠,٤٤٤ = ٢٦,٦
سمت الارتفاع = ٢٥َ ,, ٢٦° شرقية جنوبية

وقد فرضنا فى هذا المثال ان الارتفاع قبل الزوال شرقى فيعلم من ذلك بالضرورة ان السمت شرقى أيضا ولمعرفة هل هو شمالى أو جنوبى يلزم استخراج الارتفاع الذى لاسمت له فى اليوم المفروض ويقارن بالارتفاع المعلوم فان كان هذا أقل من ذلك كان السمت شماليا وان كان أكبر منه كما فى مثالنا كان جنوبيا والجارى استعماله فى أيامنا هذه استخراج زاوية السمت من قانون المثلثات الكروية المائلة الزاوية بطريقة سهلة لنفرض (شكل ١٠١) (شَ) تمام العرض و (سَ) تمام الميل و (طَ) تمام الارتفاع فلنا

$$\text{جيب}\ \tfrac{١}{٢}\ س = \sqrt{\frac{\text{جيب}\ (د - طَ)\ \text{جيب}\ (د - شَ)}{\text{جيب}\ طَ\ \text{جيب}\ شَ}}$$

فمتى علمت الزاوية (س) تطرح من التسعين والباقى هو المطلوب
مثال مما تقدم

عرض البلد = ٤١° } شمالية
الميل = ٨°
الارتفاع = ٣٨ شرقية

سَ = تمام الميل = ٨٢°

شَ = تمام العرض = ٤٩

طَ = تمام الارتفاع = ٥٢

٢ ق = ١٨٣°

ق = ٩١,٣٠

ق ـ طَ = ٣٩,٣٠

ق ـ شَ = ٤٢,٣٠

جيب ٣٠َ ,, ٣٩° × جيب ٣٠َ ,, ٤٢° = جيب ٣٠َ ,, ٣٥° مادة(١٥٩)

جيب ٥٢° × جيب ٤٩° = جيب ٣٠َ ,, ٣٦° مادة(١٥٩)

√(جيب ٣٠َ ,, ٣٥° / جيب ٣٠َ ,, ٣٦°) = √جيب ١٥َ ,, ٤٦° مادة(١٦٣)

½ س = √جيب ١٥َ ,٤٦° = ١٣َ ,٥٨° مادة(١٦٥)

س = ٢٦َ ,١١٦°

ربع الدائرة الشمالية = ٩٠

زاوية السمت = ٢٦َ ,, ٢٦° شرقيه جنوبيه

وقد سمى علماء الافرنج هذه الزاوية (آزيموت) وهى تحريف لفظة (السموت) ويختلف مبدؤه عند الفلكيين والجغرافيين فاصطلح الاولون على انه القسم الجنوبى لخط الشمال والجنوب فيدار منه نحو الغرب والشمال والشرق حتى يلاقى الجسم المراد معرفة سمته واصطلح الآخرون انه القسم الشمالى للخط المذكور ويدار منه نحو الشرق والجنوب والغرب حتى يلاقى الجسم المفروض

(فى تعيين سموت البلدان وبالخصوص سمت القبلة)

(١٨٦) يؤخذ من المادة السابقة ان زاوية سمت أى بلد هى الزاوية الحادثة بين خط المشرق أو المغرب (على حسب كون البلد على شرقى نصف النهار أو على غربيه) وبين الخط الشعاعى الواصل بين ذلك البلد ومحل معلوم

فعلى هذا لو كان سمت رأس البلد شيأ محسوسا ظاهرا على الكرة السماوية لامكن بمناظرته تعيين زاوية السمت ولكن حيث ان سمت الرأس نقطة تخيلية فتعيين الزاوية المذكورة يكون بهذه الطريقة

يبحث عن طول البلد وعرضه من كتب الجغرافية أو من التقويمات الفلكية أو من الخرط الارضية ويفرض محل آخر ويبحث عن طوله وعرضه أيضا ثم يؤخذ الفاضل بين الطولين ويحسب تماما العرضين فيحدث مثلث كروى مائل الزاوية ضلعان من أضلاعه يساويان تمامى العرضين والزاوية القطبية التى بينهما تعادل الفاضل بين الطولين فيمكن حينئذ حل هذا المثلث واستخراج ضلعه الثالث المساوى للبعد بين سمت رأسى هذين المحلين وهذا البعد هو عبارة عن تمام ارتفاع سمت رأس البلد على افق المحل المفروض ومنه تعلم زاوية السمت المطلوبة ويمكن الاستحصال عليها أيضا بالطريقة المذكورة فى مادة (٩٠)

واستعمل العرب لتعيين هذه الزاوية الطريقة الآتية

يفرض الفاضل بين الطولين فضل الدائر بالنسبة للمحل المفروض ويؤخذ عرض البلد فى مقام ميل الشمس ويبحث بالطريقة المذكورة فى مادة (١٧٩) عن ارتفاع النقطة المطلوب سمتها ويؤخذ تمامه فهو البعد بين سمت الرأسين (١)

ثم يبحث عن سمت هذا الارتفاع بالقاعدة المذكورة فى مادة (١٨٥) فيحصل المقصود

وللسمت ثمانية مواضع بالنسبة الى اتفاق واختلاف جهتى العرض والطول وقد بينا ذلك بالتفصيل فى بحثنا عن سمت القبلة فى المادة (١٤٧) فليراجع

(مثال لتعيين سمت القبلة)

عرض مكة = ٣٠َ ,,٢١ (يؤخذ كميل الشمس)

عرض الاستانة = ٠٠ ,,٤١

تمام عرض مكة = ٣٠ ,,٦٨ (يؤخذ كتمام ميل الشمس)

تمام عرض الاستانة = ٠٠ ,,٤٩

---

(١) اذا ضربنا تمام الارتفاع هذا فى ٥٦ و $\frac{٢}{٣}$ نحول مسافة البلدين من درجات الى أميال وقد علمنا فى مادة (١٤٧) ان المسافة بين الاستانة العلية ومكة المكرمة تساوى ١٢٢٧,٤ ميل اى ٤٠٩,١ فرسخ اه

طول مكة = ٤٨ ,, ٣٧ شرقية بالنسبة الى باريس

طول الاستانة = ٣٩ ,, ٢٦ « « « «

فاضل الطولين = ٠٩ ,, ١١ = فضل الدائر وهو شرقي بالنسبة الى الاستانة

فمقتضى مادة (١٧٩) أن

$$\text{المحفوظ الاول} = \frac{\text{بعد القطر}}{\text{جيب (تمام عرض الاستانة}}$$

جيب الترتيب = جيب تمام فضل الدائر × جيب تمام عرض مكة

المحفوظ الثانى = جيب الترتيب + المحفوظ الاول

جيب الارتفاع = المحفوظ الثانى × جيب تمام عرض الاستانة

وبالتطبيق على ذلك يكون

بعد القطر = جيب ٤٩° × جيب ٣٠َ ,, ٢١° = ١٤,٤

$$\text{المحفوظ الاول} = \frac{١٤,٤}{\text{جيب } ٤٩} = ١٩,٠$$

جيب الترتيب = جيب ٥١َ ,, ٧٨° × جيب ٣٠َ ,, ٦٨° = ٥٤,٨

المحفوظ الثانى = ٥٤,٨ + ١٩ = ٧٣,٨

٦٠ × جيب الارتفاع = ٧٣,٨ × جيب ٤٩ = ٧٢,٨ × ٤٥,٣ = ٣٣٤٣,١٤

$$\text{جيب الارتفاع} = \frac{٣٣٤٣,١٤}{٦٠} = ٥٥,٧٢$$

فالارتفاع = ٣٠َ ,, ٦٨° وتمامه = ٤٠َ ,, ٢١°

$$\text{حصة السمت} = \frac{\text{جيب } ٤١°}{\text{جيب } ٤٩} \times \text{جيب } ٢٠َ ,, ٦٨° = ٤٨,٥$$ مادة (١٨٥)

$$\text{جيب السعة} = \frac{\text{جيب الميل}}{\text{جيب تمام العرض}} = \frac{\text{جيب عرض مكة}}{\text{جيب تمام عرض الاستانة}} = \frac{\text{جيب } ٣٠,٢١}{\text{جيب } ٤٩ = ٢٩,١}$$ « (١٨٣)

تعديل السمت = حصة السمت − جيب السعة = ١٩,٤ « (١٨٥)

$$\text{جيب زاوية السمت} = \frac{\text{تعديل السمت}}{\text{جيب تمام الارتفاع}} = \frac{١٩,٣}{\text{جيب } ٤٠ ,, ٢١} = \frac{١٩,٤}{٢٢,١٥} = ٠,٨٧$$ « (١٨٥)

فزاوية سمت القبلة = قوس ٠,٨٧ × ٦٠ من الجيب = ٥٠َ ,, ٦٠°

وهو المطلوب

أى ان سمت القبلة فى الاستانة العلية يعادل ستين درجة وخمسين دقيقة محسوبة من المشرق الى الجنوب وانحرافها من الجنوب الى المشرق يعادل ٩٠° — ٥٠َ ,, ٦٠° = ١٠َ ,, ٢٩° أعنى تسعا وعشرين درجة وعشر دقائق

(فى تعيين الجهات ونصب القبلة)

(١٨٧) اذا أريد رسم جهة القبلة فى أى محل كان يبتدأ بتعيين سمتها بالطريقة المتقدم ذكرها ثم يجرى العمل باحدى الطرق الثلاث الآتية (الاولى) - يرسم خط نصف النهار كما ذكر فى مادة (١٤) ثم يرسم عليه زاوية مساوية لانحراف القبلة (الثانية) - اذا كنت فى أحد الفصول التى يكون فيها عرض البلد وميل الشمس متحدى الجهة كأن يكون العرض شماليا والشمس فى أحد البروج الشمالية فابحث عن الارتفاع الذى لاسمت له بالطريقة المذكورة فى مادة (١٨٤) وانتظر بالساعة وقت وصول الشمس اليه ففى هذا الوقت علم على ظل شاخص عمودى على الافق تجد خط المشرق والمغرب وارسم عليه خطا عموديا تجد خط الشمال والجنوب وارسم بعد ذلك سمت القبلة (الثالثة) - اذا كان العرض والميل مختلفى الجهة ولم يوجد ارتفاع ليس له سمت فخذ ارتفاع الشمس فى أى وقت كان وعلم على الارض الظل الحادث لشاخص رأسى ثم ابحث بالطريقة المذكورة فى مادة (١٨٥) عن سمت هذا الارتفاع وارسم على الارض خطا يصنع مع الظل زاوية مساوية لهذا السمت فالخط المذكور يكون خط المشرق والمغرب ومنه تتعين الجهات الاربع وسمت القبلة

(فى استخراج المطالع الفلكية للشمس)

(١٨٨) مطالع الشمس الفلكية هى المدة التى بين مرور الانقلاب الشتوى من سطح نصف النهار ومرور الشمس منه

وبعبارة أخرى هى قوس من معدل النهار محصور بين دائرة الميل المارة بالانقلاب الشتوى ودائرة الميل المارة بالشمس فاليوم الذى تكون الشمس فيه على نقطة الانقلاب الشتوى تكون مطالعها صفرا وفى اليوم التالى تزيد قليلا من جهة ترتيب البروج وهكذا كل يوم حتى تعود بعد سنة واحدة الى الانقلاب المذكور فتكون مطالعها مساوية لثلثمائة وستين درجة

واعلم ان المحلات التى يمر أفقها بالقطبين بان يكون سمت رأسها على دائرة المعدل

فوق

فوق خط الاستواء تسمى بالفلك المستقيم ولهذا اصطلح علماء العرب على تسمية التحولات اليومية المذكورة بالمطالع الفلكية المستقيمة والافرنج يسمونها على هذا العهد بالمطالع المستقيم غير أن مبدأها عند العرب كان أول برج الجدى وعند الافرنج أول برج الحمل أى نقطة الاعتدال الربيعى فاذا حسبت مطالع الشمس المستقيمة بالنسبة الى كل من هذين المبدأين يكون الفرق بين النتيجتين تسعين درجة

ليكن (ن) (شكل ١٠٢) موضع القطبين و (ب ل ع) معدل النهار و (م ل ع) دائرة البروج و (م) أول الجدى أعنى نقطة الانقلاب الشتوى و (د) موضع الشمس فيكون مطالعها المستقيمة القوس (ب هـ) المحصورين دائرتى الميل (ن ب) و (ن هـ) وكانت العرب تستعمل لاستخراجها هذا القانون

$$\text{تمام جيب المطالع الفلكية} = \frac{\text{جيب تمام الميل الاعظم}}{\text{جيب تمام الميل}} \times \text{جيب بعد الشمس الى أقرب الاعتدالين}$$

وأما طريق وضع هذا القانون فهو ان يقال لنا فى المثلث الكروى (د ل هـ) القائم الزاوية

د هـ = ميل الشمس

د ل = بعد الشمس الى أقرب الاعتدالين يعنى الطول

د ل هـ = الميل الاعظم للشمس

فيكون

$$\frac{\text{مماس (الميل)}}{\text{مماس (الميل الاعظم)}} = \text{جيب (هـ ل)}$$

أو

$$\frac{\text{جيب (الميل)}}{\text{تجيب (الميل)}} : \frac{\text{جيب (الميل الاعظم)}}{\text{تجيب (الميل الاعظم)}} = \text{جيب (هـ ل)}$$

أو

$$\frac{\text{جيب(الميل)} \times \text{تجيب(الميل الاعظم)}}{\text{جيب (الميل الاعظم)} \times \text{تجيب(الميل)}} = \text{جيب (هـ ل)}$$

ولكون

$$\frac{\text{جيب (الميل)}}{\text{جيب (الميل الاعظم)}} = \text{جيب (د ل)}$$

يؤل القانون الاخير الى

تجيب (الميل الاعظم) / تحيب (الميل) × جيب(د ل) = جيب(هـ ل)

أو

جيب (تمام الميل الاعظم) / جيب (تمام الميل) × جيب (د ل) = جيب(هـ ل)

ولاستعماله يلاحظ انه اذا كانت نقطة (م) مبدأ طول الشمس يكون

د ل = °٩٠ — الطول

وتكون المطالع المطلوبة

ب هـ = °٩٠ — هـ ل

فعلى حسب كون طول الشمس أقل من °٩٠ أومن °١٨٠ أو °٢٧٠ أو °٣٦٠ يأخذ هذا القانون أربع صور مختلفة فان كان الطول < °٩٠ يحدث

٩٠ — قوس (جيب تمام الميل الاعظم / جيب تمام الميل) × جيب(٩٠ — طول الشمس) = المطالع الفلكية

وان كان > °٩٠ و < °١٨٠ يحدث

٩٠ + قوس (جيب تمام الميل الاعظم / جيب تمام الميل) × جيب (الطول — ٩٠) = المطالع

وان كان > °١٨٠ و < °٢٧٠ يحدث

٢٧٠ — قوس (جيب تمام الميل الاعظم / جيب تمام الميل) × جيب (٢٧٠) — الطول = المطالع

وان كان > °٢٧٠ يحدث

٢٧٠ + قوس (جيب تمام الميل الاعظم / جيب تمام الميل) × جيب (الطول — ٢٧٠) = المطالع

وان كان الطول	= °٩٠	تكون المطالع	°٩٠	أيضا
»	»	١٨٠	»	١٨٠	»
»	»	٢٧٠	»	٢٧٠	»
»	»	صفرا	»	صفرا	»

(مثال)

(مثال ليوم ٢٠ اغسطس)

لنفرض أن

ميل الشمس = ٨°
وتمام الميل = ٨٢
والميل الاعظم = ٢٨َ ٢٣°
وتمام الميل الاعظم = ٣٢َ ٦٦°
وطول الشمس = ١٠َ ٢٤٩° لمبدأ انقلاب الشتاء

فباستعمال القانون

٢٧٠ — قوس (جيب تمام الميل الاعظم / جيب تمام الميل) × جيب (٢٧٠ — الطول) = المطالع الفلكية

نجد

٠٠َ ٢٧٠°
١٠َ ٢٤٩°
(٢٧٠ — الطول) = ٢٠,,٥٤

قوس (جيب ٣٢َ ٦٦° / جيب ٨٢°) × جيب ٥٠َ ٢٠ = ١٥َ ١٩ وبمقتضى ماتقدم فى مادة (١٦٣)

٢٧٠° — ١٥َ ١٩° = ٤٥َ ٢٥٠°

و يؤخذ من هذا المثال ان المطالع المستقيمة الفلكية لليوم المفروض بالنسبة لمبدأ الانقلاب الشتوى هى مائتان وخمسون درجة وخمس وأربعون دقيقة فاذا طرحنا منها تسعين وحولناها الى كمية زمانية نجد المطالع المستقيمة بالنسبة للاعتدال الربيعى فهى اذن ٤٣ دقيقة و ١٠ ساعات ويعلم من التقويم الافرنجى لسنة ١٨٨٥ ان اليوم المفروض يقابله أول ايلول اذ مطلع الشمس المستقيم فيه يعادل عشر ساعات واثنتين وأربعين دقيقة وتسعا وخمسين ثانية

(فى استخراج المطالع البلدية)

(١٨٩) المطالع البلدية وتسمى أيضا بمطالع الآفاق المائلة هى المدة التى بين طلوع نقطة

الاعتـدال الربيعى من جهـة الشرق وطلوع الشمس وبعبارة أخرى هى قوس من معـدل النهار محصور بين نقطة الاعتـدال الربيعى ونقطـة معدل النهار المذكور التى توجـد على الافق الشرقى وقتما تصل اليه نقطـة معلومة من دائرة البروج كالشمس مثـلا وهى كمية متغيرة بالنسبة لكل أفق ومبدؤها نقطة الاعتـدال الربيعى المذكور ولاستخراجها يلاحـظ ان الافق يمر بمركز العالم ويقسم كل دائرة عظمى الى قسمـين متساويين فاذا طرح نصف قوس نهار أىّ يوم من مطالعه الفلكية المستقيمة يكون الباقى عبارة عن المطالع البلدية المطلوبة وتسمى حينئـذ بمطالع الشروق البلدية واذا كان نصف قوس النهار المذكور أعظم من المطالع الفلكية المستقيمة يضاف الى هذه ثلثمائة وستون درجة ويطرح من الحاصل نصف قوس النهار

(مثال ليوم ٢٠ اغسطس لعرض ٤١°)

المطالع الفلكية المستقيمة = ٢٥٠°,,٤٥َ مادة (١٨٨)

نصف قوس النهار = ٩٧,,٠٠

المطالع البلدية = ١٥٣,,٤٥

ويرى من ذلك ان المطالع المذكورة هى مطالع شروق فاذا طرح منها نصـف قوس الليل لليوم المفروض أو أضيف للمطالع الفلكية المستقيمة الى نصف قوس النهار يعلم مايسمى مطالع النظير أو مطالع الغروب وهى عبارة عن قوس معدل النهار المحصور بين نقطتـه الغاربة وقت شروق الشمس ونقطـة الاعتدال الربيعى بحساب هـذا القوس على اتجاه ترتيب البروج

(مثال لليوم والعرض المذكورين آنفا)

المطالع البلدية = ١٥٣,,٤٥ + ٣٦٠ (١)

قوس الليل = ١٦٦

مطالع النظير = ٣٤٧,,٤٥

او

المطالع البلدية = ٢٥٣,,٤٥

نصف قوس النهار = ٩٧,,٠٠

مطالع النظير = ٣٤٧,,٤٥

واذا أضيف مامضى من طلوع النهار الى مطالع الشروق يحصل مطالع الوقت أى اذا أخذ ارتفاع الشمس فى وقت من أوقات النهار وحسب دائر الارتفاع ثم أضـيف الى

(١) اذا كان المطروح منه أصغر من المطروح يضاف الى الاول مقدار الدورة الواحدة أى ٣٦٠° اﻫ

مطالع

مطالع الشروق والغروب تعلم أية نقطة من معدّل النهار وجدت على الافق الشرقى وأية نقطة وجدت على الافق الغربى وقت الارتفاع المذكور وهاتان النقطتان تسميان بطالع وقت الارتفاع وغارب وقت الارتفاع وبالبحث عن متوسطيهما ونظيريهما تعلم أوتاد الوقت الاربعة

(فى استخراج مطالع الكواكب)

(١٩٠) اذا كان عرض الكوكب المطلوب تعيين مطالعه صفرا يكون الكوكب المذكور على دائرة البروج ويمكن حينئذ ايجاد مطالع طوله بالطريقة التى تقدمت فيما يختص بالشمس واذا كان له طول وعرض وكان الطول مساويا لطول أحد الانقلابين أو أقل أو أعظم منه تستخرج مطالعه من هذين القانونين

$$\text{جيب تعديل مطالع الكوكب} = \frac{\text{جيب تمام عرضه}}{\text{جيب تمام طوله}} \times \text{جيب الفاضل بين طوله}$$

وطول الاقرب من الانقلابين

$$\text{مطالع الكوكب} = \text{مطالع أقرب الانقلابين} \mp \text{تعديل مطالع الكوكب}$$

فاذا كان طول الانقلاب أعظم من طول الكوكب تؤخذ العلامة — واذا كان أكبر منه تؤخذ العلامة +

وطريق ايجاد هذين القانونين أن يقال ليكن (ن نَ) محور العالم (شكل ١٠٣) و (ك كَ) محور دائرة البروج و (ع عَ) معدّل النهار و(ح حَ) دائرة البروج و(ب) الكوكب المفروض و(ن ب ح) دائرة ميله و(ك ب م) دائرة الطول فيكون القوس (ى ع ح) المطالع المطلوبة فاذا استخرجنا القوس (هـ ح)أو تمامه (ح ع) وأضفناه الى مطالع الانقلاب (ع) وهى (ى ع) يحصل المطلوب

لتكن (ب هـ) قوسا من الدائرة العظمى المارة بنقطة الاعتدال (هـ) والكوكب (ب) فلنا فى المثلثين القائمى الزاوية (ب ح هـ) و(ب م هـ)

$$\text{تجيب ب هـ} = \text{تجيب هـ ح} \times \text{تجيب ب ح}$$

$$\text{تجيب ب هـ} = \text{تجيب هـ م} \times \text{تجيب ب م}$$

$$\text{تجيب هـ ح} \times \text{تجيب ب ح} = \text{تجيب هـ م} \times \text{تجيب ب م}$$

$$\text{تجيب ح هـ} = \frac{\text{تجيب ب م}}{\text{تجيب هـ م}} \times \text{تجيب هـ م}$$

أو

$$\text{جيب ح ع} = \frac{\text{جيب ك ب}}{\text{جيب ب ن}} = \text{جيب م ع}$$

بفرض (ك ب) تمام عرض الكوكب و (ب ن) تمام ميله و (م ع) أو (ى م — ى ع) الفاضل بين طول الكوكب وطول الانقلاب فبعد استخراج تعديل المطالع (ح ع) يضم الى مطالع الانقلاب (ى ع) فتعلم مطالع الكوكب (ى ع ح)

واذا كان طول الانقلاب أعظم من طول الكوكب يلزم طرح تعديل المطالع من مطالع الانقلاب والمستعمل فى أيامنا هذه استخراج المطالع بواسطة القانون الذى ذكرناه فى مادة (١٧٢)

(فى العمليات على الكواكب)

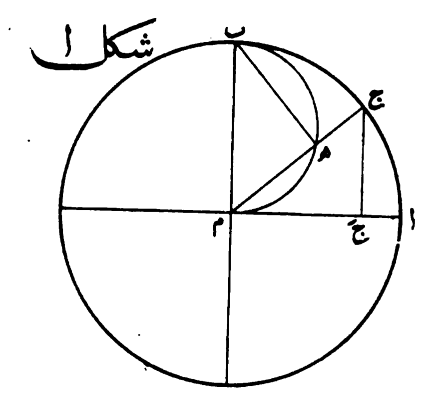
(١٩١) اذا اعتبر ميل الكوكب فى مقام ميل الشمس يمكن تطبيق جميع ماتقدم فيما يتعلق بالشمس على الكواكب فيمكن ايجاد نصف التعديل ونصف القوس ووقت وصول الكوكب الى نصف النهار ووقت شروقه ودائره وفضل دائره وسمته وبطرح نصف القوس من مطالعه نجد مطالع شروقه البلدية وبضمها الى نصف القوس يحدث طالعه وغاربه وهلم جرّا



يقول المترجم

من نظر فيما كتبه دولة المؤلف هنا على الربع المجيب يقف على كنز عظيم من الكنوز التى أودعها فى هذا الكتاب الجليل ويجتلى كثيرا من النفائس التى أسكنها فى عباراته فالمطالع فيه يجد أبيات الفوائد الرياضية مذللة وصعابها مسهلة ولا تقف فوائد القواعد المذكورة فيه على الاعمال المطلوبة من الربع بل يمكن الانتفاع بها فى مطالب اخرى مهمة ويستخرج منها نتايج مفيدة فى حساب المثلثات يمكن ادخالها فى كتبه الدراسية لسهولة تعلمها مع سمو مدركها فارجع البصر مثلا لما ذكر فى فائدة المادة ١٥٥ صحيفة ٢٤٧ تجد ما هذا نصه :

« اذا رسمنا على الستينى نصف دائرة (ق لَ) (شكل ٨٢ و ٨٣) فالبعد (ب ح) الذى بين المركز (ب) ونقطة تقاطع الخيط بنصف الدائرة المذكورة يكون مساويا للخط (ب مَ) الذى هو جيب القوس المنتهى فى (م) »



وبعبارة أخرى لتكن دائرة (م) (شكل ١) ولنفرض نصف قطرها مساويا للواحد فمن المعلوم ان جيب القوس ا ج هو ج جَ وتمام جيبه م جَ فاذا رسمنا نصف الدائرة ب ه م على نصف القطر ب م يكون البعد م ه مساويا للجيب ج جَ ولنصل ب ه فيحدث مثلث ب ه م = مثلث م ج جَ ويكون ه ب مساويا لتمام الجيب م جَ

فهذه القاعدة على وجازة عبارتها وسهولة تصورها يمكن استعمالها فى اثبات جملة قوانين مساحية بطريق الهندسة فلنبحث مثلا عن اثبات هذه القوانين لشهرتها :

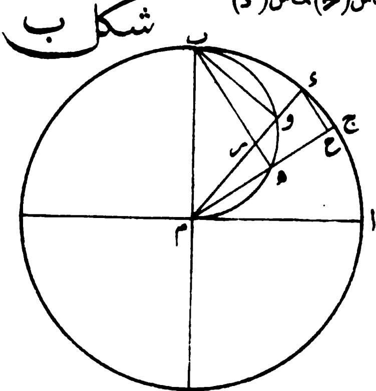
(١) جيب (ح + ى) = جيب ح تجيب ى + تجيب ح جيب ى

(٢) تجيب (ح + ى) = تجيب ح تجيب ى − جيب ح جيب ى

(٣) جيب (٢ ح) = ٢ جيب ح تجيب ح

(٤) تجيب (٢ ح) = ١ − ٢ جيب² ح

(٥) مماس (ح + ى) = (مماس (ح) + مماس (ى)) / (١ − مماس (ح) مماس (ى))



فنقول:

(١) لنفرض قوس (ا ج) = ح (شكل ب)

وقوس (ج د) = ى

فلنا حسب قاعدة الكتاب

م و = جيب (ح + ى) = م ر + ر و

وفى المثلثين المتشابهين (م ر ه) و (م د ع) نجد

م ر / م ه = م ى / م ع ومنها م ر = م ه / م ع

ثم فى المثلثين (ب و ر) و (م د ع) لنا

$$\frac{\text{ن و}}{\text{ب ن}} = \frac{\text{د ح}}{\text{م د}}$$ ومنها $\text{ن و} = \text{د ح} \times \text{ب ن}$

ولكن $\text{ب ن} = \text{ب هـ} - \text{ن هـ}$ وفى المثلثين (م ن هـ) و (م د ح) نجد

$$\frac{\text{ن هـ}}{\text{د ح}} = \frac{\text{م هـ}}{\text{م ح}}$$ ومنها $\text{ن هـ} = \frac{\text{م هـ}}{\text{م ح}} \times \text{د ح}$

فيكون

$$\text{ب ن} = \text{ب هـ} - \frac{\text{م هـ}}{\text{م ح}} \times \text{د ح}$$

واذن

$$\text{ن و} = \text{د ح} \left(\text{ب هـ} - \frac{\text{م هـ}}{\text{م ح}} \times \text{د ح}\right)$$
$$= \text{د ح} \times \text{ب هـ} - \frac{\text{م هـ}}{\text{م ح}} \times \overline{\text{د ح}}^2$$

وبناء على ذلك

$$\text{م ن} + \text{ن و} = \frac{\text{م هـ}}{\text{م ح}} + \text{د ح} \times \text{ب هـ} - \frac{\text{م هـ}}{\text{م ح}} \times \overline{\text{د ح}}^2$$
$$= \text{د ح} \times \text{ب هـ} + \frac{\text{م هـ}}{\text{م ح}} \left(1 - \overline{\text{د ح}}^2\right)$$

ولكون $1 - \overline{\text{د ح}}^2 = \overline{\text{م ح}}^2$ بمقتضى شكل العروس ينتج ان

$$\text{م و} = \text{د ح} \times \text{ب هـ} + \text{م هـ} \times \text{م ح}$$

ولكن حسب قاعدة الكتاب

$$\text{د ح} = \text{جيب ى} \qquad \text{ب هـ} = \text{تجيب ح}$$
$$\text{م هـ} = \text{جيب ح} \qquad \text{م ح} = \text{تجيب ى}$$

فلنا اذن

$$\text{جيب}(\text{ح} + \text{ى}) = \text{جيب ح تجيب ى} + \text{تجيب ح جيب ى}$$

وهو المطلوب

(٢) لنا فى المثلثين المتشابهين (ب و ن) و (م د ح) (شكل ب)

$$\frac{\text{ب و}}{\text{ب ن}} = \frac{\text{م ح}}{\text{م د}}$$ ومنها $\text{ب و} = \text{م ح} \times \text{ب ن}$

ولكن قد وجدنا أن

$$\text{ب ن} = \text{ب هـ} - \frac{\text{م هـ}}{\text{م ح}} \times \text{د ح}$$

فاذن يكون

$$\text{ب و} = \text{م ح} \left(\text{ب هـ} - \frac{\text{م هـ}}{\text{م ح}} \times \text{د ح}\right)$$

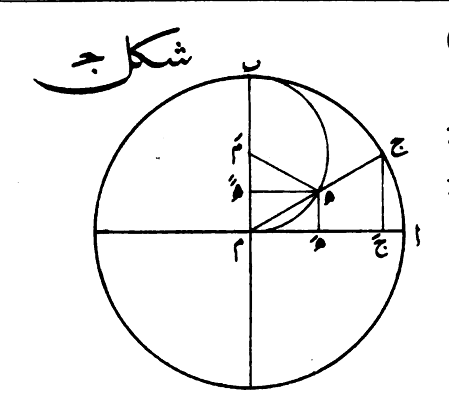
ومنها

$$\text{ب و} = \text{ب هـ} \times \text{م ح} - \text{م هـ} \times \text{د ح}$$

وبمقتضى قاعدة الكتاب

$$\text{تجيب}(\text{ح} + \text{ى}) = \text{تجيب ح تجيب ى} - \text{جيب ح جيب ى}$$

وهو المطلوب



(٣) لنفرض زاوية ا م ج = ح (شكل حـ) ولنصل نقطة هـ الى مركز الدائرة الصغرى م′ فتحدث زاوية هـ م′ م مساوية لضعف الزاوية المفروضة لان الاولى يقيسها قوس م هـ والثانية يقيسها نصف هذا القوس فلنا اذن

جيب (٢ ح) = جيب (م م′ هـ)

ولنرسم الاعمدة ج ج′ و هـ هـ′ و هـ هـ″ فيكون

جيب (م م′ هـ) = هـ هـ″ / هـ م′

هـ هـ″ = هـ′ م

ولنا فى المثلثين (م هـ هـ′) و (م ج ج′)

م هـ′ / م ج′ = م هـ / م ج ومنها م هـ′ = م هـ × م ج′

م هـ′ = جيب ح × تجيب ح

ولكون هـ م′ = ١/٢ م ب يعنى ١/٢ لان م ب = ١ بالفرض ينتج أن

جيب م م′ هـ = جيب ح تجيب ح / ١/٢

وبناء عليه

جيب ٢ ح = ٢ جيب ح تجيب ح

وهو المطلوب

(٤) لنا فى الشكل الاخير

تجيب ٢ ح = تجيب م م′ هـ = م′ هـ″ / م′ هـ

ولكن م′ هـ″ = م′ م − م هـ″ ومن المعلوم ان

م هـ‾^٢ = م هـ″ × م ب ومنها م هـ″ = م هـ‾^٢ = جيب^٢ (ح)

فيكون

م′ هـ″ = ١/٢ − جيب^٢ (ح)

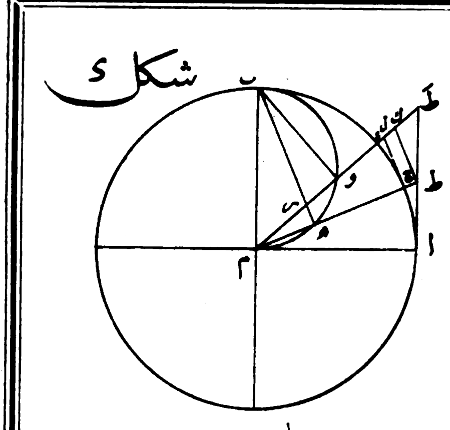
وبناء عليه

تجيب م م′ هـ = (١/٢ − جيب^٢ ح) / ١/٢

ومنه

تجيب ٢ ح = ١ − ٢ جيب^٢ ح

وهو المطلوب



(٥) لنرسم المماس ا طَ ط شكل ٤ ثم خطى ط ك ط ل موازيين للعمود ب هـ فيكون

مماس (ح + ٤) = ا ط + ط طَ

ولنا فى المثلثين ط طَ ك و م ب ى

$\frac{\text{ططَ}}{\text{طك}} = \frac{\text{مب}}{\text{بى}}$ ومنها ط طَ = $\frac{\text{طك}}{\text{بى}}$

ثم فى المثلثين م ط ك و م ج ل

$\frac{\text{طك}}{\text{ج ل}} = \frac{\text{م ط}}{\text{م ج}}$ ومنها ط ك = م ط × ج ل

ولكن ب ى = ب هـ ــ هـ ى ولنا فى المثلثين م هـ ى و م ج ل

$\frac{\text{هـ ى}}{\text{ج ل}} = \frac{\text{م هـ}}{\text{م ج}}$ ومنها هـ ى = م هـ × ج ل

وحيث ان (ا ط) = مماس (ح) و (م ط) = قاطع (ح) و (ج ل) = مماس (٤) و (ب هـ) = تجيب (ح) و (م هـ) = جيب (ح) يكون

مماس (ح + ٤) = مماس (ح) + ط طَ

طَطَ = $\frac{\text{قاطع(ح)}}{\text{ب ى}}$ × مماس (٤)

ب ى = تجيب (ح) ــ هـ ى

هـ ى = جيب (ح) × مماس (٤)

فبالتعويض يحدث

مماس (ح + ٤) = مماس (ح) + $\frac{\text{قاطع (ح) مماس (٤)}}{\text{تجيب(ح) ــ جيب(ح) مماس(٤)}}$

وبقسمة حدى الكسر الاخير على تجيب (ح) نجد

مماس (ح + ٤) = مماس ح + $\frac{\frac{\text{مماس (٤)}}{\text{تجيب}^2\text{ (ح)}}}{\text{١ ــ مماس(ح) مماس(٤)}}$

= $\frac{\text{مماس(ح) ــ مماس}^2\text{(ح) مماس(٤)} + \frac{\text{مماس (٤)}}{\text{تجيب}^2\text{ (ح)}}}{\text{١ ــ مماس(ح) مماس(٤)}}$

= $\frac{\text{مماس (ح)} + \frac{\text{مماس (٤)}}{\text{تجيب}^2\text{ (ح)}}\text{ (١ ــ جيب}^2\text{ (ح))}}{\text{١ ــ مماس (ح) مماس (٤)}}$

ولكون ١ ــ جيب^2 ح = تجيب^2 ح يحدث

مماس (ح + ٤) = $\frac{\text{مماس (ح) + مماس(٤)}}{\text{١ ــ مماس(ح) مماس(٤)}}$

وهو ما أردنا بيانه

(تنبيـــه) يرى فى الشكل(ح) ان

م هً = هـ هَ = جيب٢ (ح)

ب هً = تجيب٢ (ح)

م هَ = هـ هَ = جيب (ح) جيب (ح)

وهى مقادير فى غاية من اللطافة (انتهى)

خاتمة الكتاب

(فى التقويم القمرى والشمسى)

فى الايام ومباديها (ملخصا من كتاب أبى الحسن المراكشى)

(١٩٢) من المعلوم ان المدة التى بين شروق الشمس فى أىّ محل كان وبين غروبها تسمى عند كل قوم على حسب لغتهم بالنهار والتى بين غروب الشمس وبين شروقها تسمى بالليل

وكلمة يوم عند العرب تدل على مجموع نهار وليلة واحدة وهو عبارة عن الدورة الواحدة التى تتمها الشمس فى مدة أربع وعشرين ساعة وبعضهم أطلق كلمة يوم على النهار فقط اطلاقا حقيقيا وجعل ابتداءه وقت طلوع الشمس وهو خطأ محض

لانه يوجد بالقرب من قطبى الكرة الارضية جهات يكون فيها النهار فى قسم من السنة مساويا لجملة أيام من غير ليل ويكون فيها الليل فى القسم الآخر من السنة مساويا لعدة أيام من غير نهار وأما سائر الجهات فتكون الايام فيها مركبة من نهار وليل

وابتداء اليوم عند العرب وقت دخول الليل أى وقت غروب الشمس فى البلد الذى يكون فيه الانسان وانتهاؤه وقت الغروب التالى له (١) فهم يقدمون الليل على النهار وسبب ذلك ان ابتداء الشهور عند المسلمين يتعلق برؤية الهلال ولما كان أول هلال لايمكن رؤيته الاعند غروب الشمس لزم أن يكون وقت الغروب مبدأ للشهور ولما كان الشهر مركبا من أيام كوامل كان أول اليوم الغروب

وأما الامم التى لاتبتدئ شهورها برؤية الهلال فابتداء أيامهم وقت شروق الشمس وانتهاؤها اللحظة التى يليها الشروق التالى فيكون النهار عندهم متقدما على الليل

(٢) وأما أهل الهيئة فاليوم عندهم هو المدّة التى بين مرور الشمس بنصف النهار ومرورها به مرة ثانية فيبتدئ بوقت الزوال وينتهى بوقت الزوال التالى له

---

(١) حيث ان ساعاتنا غروبية فعلينا ان نعتبر اليوم من الغروب الى الغروب التالى له وكثير من الناس لايراعون ذلك فاذا كتبوا خطابا فى ليلة ترادهم يضعون عليه تاريخ النهار الذى تقدم وهو خطأ محض

(٢) الاوروبيون اليوم خالفوا هذه القاعدة فأيامهم العامية (ژورسيفيل) تبتدئ من نصف الليل أى قبل اليوم الفلكى باثنى عشرة ساعة اه

(فى التاريخ العربى أى السنة الهجرية القمرية)

(١٩٣) معلوم فى التواريخ ان نبينا عليه أفضل الصلاة والسلام هاجر من مكة المشرفة فى أواخر شهر صفر وفى الثامن من ربيع الثانى وصل الى قباء بالقرب من المدينة المنورة وبعد بضعة أيام شرفها بقدومه واقامته الى الوفاة وبعد ذلك بسبع عشرة سنة فى مدة خلافة سيدنا عمر رضى الله عنه اعتبرت الهجرة النبوية مبدأ لتاريخ الاسلام وابتدأت السنة العربية القمرية بشهر محرم وهذا التاريخ يقابل يوم الجمعة سادس عشر تموز سنة ستمائة واثنين وعشرين ميلادية ودونك أسماء الاشهر العربية وعدد أيامها

٣٠	محرم	٣٠	رجب
٢٩	صفر	٢٩	شعبان
٣٠	ربيع الاول	٣٠	رمضان
٢٩	ربيع الآخر	٢٩	شوال
٣٠	جمادى الاولى	٣٠	ذوالقعدة
٢٩	جمادى الآخرة	٢٩ أو ٣٠	ذوالحجة

فيكون عدد أيام السنة تارة ٣٥٤ وأخرى ٣٥٥

فيتلخص من ذلك ان السنة الهجرية القمرية تتركب من اثنى عشر شهرا بالكيفية المشروحة ويبتدئ كل منها بوقت اجتماع النيرين أى الشمس والقمر ثم ان الحسابات الفلكية وان كانت كافية لتعيين هذا الوقت الا انه لابد لثبوت دخول الشهر ثبوتا شرعيا من رؤية الهلال وهذا يستوجب ضرورة مكث القمر على الافق بعد غروب الشمس

والمتوسط بين الاجتماعين المتعاقبين هو ٢٩,٥٣٠٥٨٩ يوما

(فى السنين العربية الكبيسة)

(١٩٤) يعلم مما تقدم ان السنة القمرية هى المدة التى بين غرة محرم وغرة محرم التالى له أى المدة التى بين اجتماع النيرين والاجتماع الثالث عشر بعده فاذا حسبنا متوسط هذه المدة بالنسبة الى دوران الشمس والقمر مدة ثلاثين سنة نجد أنه يساوى ٣٥٤,٣٦٧٠٦٨ يوما فاذا فرضنا أحد الشهور ٣٠ يوما والتالى له ٢٩ ثم ٣٠ ثم ٢٩ كما تقدم تكون السنة مركبة من ٣٥٤ يوما فقط وبقى الكسر ٠,٣٦٧٠٦٨

وهو يصير يوما واحدا فى كل ٣٢٫٦٩١٤٩ شهرا كما لا يخفى فلئلا تضيع هذه المدة سدى اتفقوا على انهم يضيفون هذا اليوم الى ذى الحجة كل سنتين أو ثلاث سنين فتكون السنون العربية مركبة تارة من ٣٥٤ يوما وأخرى من ٣٥٥ يوما وهذه تسمى بالكبيسة وتلك بالبسيطة

وحيث ان الكسر المتقدم ذكره ٣٦٧٠٦٨ر٠ فى كل ثلاثين سنة يصير ١١٫٠١٢٠٤ يوما ففى كل ثلاثين سنة من ابتداء الهجرة الى هذه الايام يوجد احدى عشرة سنة كبيسة وتسع عشرة بسيطة واتفقوا على ان السنين الكبيسة تكون السنين ٢ و٥ و٧ و١٠ و١٣ و١٥ و١٨ و٢١ و٢٤ و٢٦ و٢٩ وما بقى من الثلاثين تكون بسيطة وهذه القاعدة مستعملة عند موقتى الاسلام الى هذه الايام

وعلى ذلك يكفى لمعرفة السنة هل هى كبيسة أو بسيطة قسمة عددها على ٣٠ فان كان الباقى من ضمن الاعداد المتقدمة الذكر تكون السنة المفروضة كبيسة أعنى لذى حجتها ٣٠ يوما والا فبسيطة مثال ذلك لمعرفة ما اذا كانت سنة ١٣٠٣ هجرية كبيسة أو بسيطة نقسمها على ٣٠ فيبقى ١٣ وهو عدد موجود ضمن أعداد السنين الكبيسة فالسنة المفروضة كبيسة وبعض المؤلفين جعل السنة السادسة عشرة كبيسة بدلا من الخامسة عشرة ولكنه غير معمول به فلا يخل بالقواعد المذكورة

ولما وزعت الاحد عشر يوما على السنين الكبيسة ترك الكسر ١٢٠٤ر٠ وهو يصير يوما كاملا كل ٢٤٩١٫٧ سنة فلاجل تصحيح التقويم يلزم ان يضاف يوم الى السنة الثانية عشرة من السنين الثلاثين التالية لسنة ٢٤٩١ هجرية أعنى بعد (١٣٠٣) بألف ومائة وثمان وثمانين سنة

(فى كيفية معرفة غرر السنين والشهور العربية)

(١٩٥) قد وضع علماء الاسلام لمعرفة أيام دخول السنين والشهور جملة قواعد وعددوا جملة طرق يطول شرحها ولنكتف منها بذكر قاعدة الوغ بك (١) ففيها غنى عن الجميع

(١) هو الوغ بك مرزا محمد تاراعى بن شاهرخ بن تيمورلنك ولد سنة ٧٩٦ هجرية وتقلد الحكم على سمرقند وهو من اعلم علماء الفلك وله زيج مشهور معتبر الى هذا العصر وكان من الفضل بالمكان الاعلى ولكن كان يعتقد صحة التنجيم فكان الضعف الكامن فى البشر له غلبة على العلم والكمال مهما كانت الرجال نقل انه اخذ يوما طالع نفسه فوجد بالحساب انه سيقتل بيد ابنه الاكبر عبد اللطيف فطفق من ذلك الوقت يذيق ابنه المذكور اشد العذاب ويعامله بالشدة والعنف حتى اوغر صدره فعمد الى قتل ابيه وقتله بالفعل بيده سنة ٨٥٤ اﻫ

وهى ان تطرح من السنة التى تريد معرفة غرتها عدد ٢١٠ ثم تطرح من الفاضل
أيضا ذلك العدد ثم من الفاضل الثانى وهكذا حتى تجد فاضلا أقل من ٢١٠ (١)
فتقسمه على ٣٠ وتضرب الخارج الصحيح فى ٥ وتحفظ الحاصل ثم تطرح واحدا من
باقى القسمة وتفرق من الباقى عدد السنين الكبيسة وعدد السنين البسيطة بمقتضى
ماذكر فى المادة السابقة وتضرب عدد الكبيسة فى ٥ وعدد البسيطة فى ٤ وتضيف
الحاصلين الى الحاصل الاول المحفوظ ثم تضيف ٥ الى المجموع فما كان تقسمه على ٧
فيدل باقى القسمة على رقم اليوم المطلوب من أيام الاسبوع فهو أول يوم فى السنة
وترتيب أيام الاسبوع هكذا

الاحد	الاثنين	الثلاثاء	الاربعاء	الخميس	الجمعة	السبت
(١)	(٢)	(٣)	(٤)	(٥)	(٦)	(٧)

وان لم تجد خارجا للقسمة تفرضه ٧ ويكون المطلوب يوم السبت
مثال ذلك — لنبحث عن أول يوم من سنة ١٣٠٣

١٣٠٣
٢١٠
———
١٠٩٣
٢١٠
———
٨٨٣
٢١٠
———
٦٧٣
٢١٠
———
٤٦٣
٢١٠
———
٢٥٣
٢١٠
———
٤٣

(١) هذا يؤول الى قسمة عدد السنين المفروضة على ٢١٠ ويكون الفاضل الذى هو اقل من ٢١٠ هو الباقى القسمة اه مترجم

$\frac{٤٣}{٣٠} = ١ \frac{١٣}{٣٠}$

١×٥=٥ نحفظه

١٣−١=١٢

وبمقتضى ماذكر فى المادة السابقة نجد انه فى مدة ١٢ سنة يكون ٤ سنين كبيسة و ٨ بسيطة

٤ × ٥ = ٢٠

٨ × ٤ = ٣٢

١ × ٥ = ٥ المحفوظ

٥

―――

٦٢

$\frac{٦٢}{٧} = ٨ \frac{٦}{٧}$

فباقى القسمة ٦ هو رقم اليوم المطلوب فهو اذن يوم الجمعة

وفى الحقيقة اذا بحثنا فى تقويم تلك السنة نرى ان اجتماع شهر محرم يحصل يوم الخميس قبل الزوال بساعتين ويرى الهلال ليلتها فتكون الجمعة أول السنة

وأما غرر الشهور فطريق معرفتها ان تعد الشهور التى مضت من السنة وتبحث عن عدد الشهور التى فيها ٣٠ يوما على حسب جدول المادة (١٩٣) وتضربه فى ٢ وتضيف الى الحاصل عدد الشهور التى فيها ٢٩ يوما ثم تضيف الى المجموع رقم يوم أول السنة المفروضة فما كان اقسمه على ٧ فباقى القسمة يدل على رقم اليوم الذى هو الغرة المطلوبة

مثال ذلك ـ اذا أريد معرفة غرة رمضان سنة ١٣٠٣ يجرى العمل هكذا قبل رمضان مضى ثمانية أشهر ٤ منها ذات ٣٠ يوما و ٤ ذات ٢٩ يوما فنقول

٤ × ٢ = ٨

١ × ٤ = ٤

غرة أول يوم السنة = ٦

المجموع = ١٨

$\frac{١٨}{٧} = ٢ \frac{٤}{٧}$

فالباقى ٤ هو رقم غرة رمضان فهو اذن يوم الاربعاء

ولسهولة معرفة دخول السنين الهجرية القمرية قد وضع الوغ بك الجدول الآتى

	٠	٣٠	٦٠	٩٠	١٢٠	١٥٠	١٨٠
١	٥	٣	١	٦	٤	٢	٧
٢	٢	٧	٥	٣	١	٦	٤
٣	٧	٥	٣	١	٦	٤	٢
٤	٤	٢	٧	٥	٣	١	٦
٥	١	٦	٤	٢	٧	٥	٣
٦	٦	٤	٢	٧	٥	٣	١
٧	٣	١	٦	٤	٢	٧	٥
٨	١	٦	٤	٢	٧	٥	٣
٩	٥	٣	١	٦	٤	٢	٧
١٠	٢	٧	٥	٣	١	٦	٤
١١	٧	٥	٣	١	٦	٤	٢
١٢	٤	٢	٧	٥	٣	١	٦
١٣	١	٦	٤	٢	٧	٥	٣
١٤	٦	٤	٢	٧	٥	٣	١
١٥	٣	١	٦	٤	٢	٧	٥
١٦	١	٦	٤	٢	٧	٥	٣
١٧	٥	٣	١	٦	٤	٢	٧
١٨	٢	٧	٥	٣	١	٦	٤
١٩	٧	٥	٣	١	٦	٤	٢
٢٠	٤	٢	٧	٥	٣	١	٦
٢١	١	٦	٤	٢	٧	٥	٣
٢٢	٦	٤	٢	٧	٥	٣	١
٢٣	٣	١	٦	٤	٢	٧	٥
٢٤	٧	٥	٣	١	٦	٤	٢
٢٥	٥	٣	١	٦	٤	٢	٧
٢٦	٢	٧	٥	٣	١	٦	٤
٢٧	٧	٥	٣	١	٦	٤	٢
٢٨	٤	٢	٧	٥	٣	١	٦
٢٩	١	٦	٤	٢	٧	٥	٣
٣٠	٦	٤	٢	٧	٥	٣	١

وكيفية استعماله أن يطرح كما تقدّم ٢١٠ من السنة المفروضة بقدر مايمكن ثم يدخل على الجدول بالفاضل الذى هو أقل من هذا العدد

مثلا اذا أردنا معرفة غرة سنة ١٣٠٣ نجرى عمليـة الطرح المذكورة فنجد العدد

٤٣ وحيث انه لايوجد فى العمود الذى على اليمين نفرقه الى قسمين ٣٠ و ١٣ ونبحث عن العدد ١٣ فى العمود المذكور وعن العدد ٣٠ فى أول صف أفقى ونخرج على الصف الافقى الذى فى حذاء الاول وعلى الصف الرأسى الذى فى حذاء الثانى فهذان الصفان يتلاقيان على خانة يكون فيها العدد ٦ الدال على رقم اليوم المطلوب فهواذن يوم الجمعة

وقد حرر الوغ بك جدولا آخر لمعرفة غرر الشهور وهو هذا (١)

محرم	الخميس	الجمعه	السبت	الاحد	الاثنين	الثلاثاء	الاربعاء
صفر	السبت	الاحد	الاثنين	الثلاثاء	الاربعاء	الخميس	الجمعه
ربيع الاول	الاحد	الاثنين	الثلاثاء	الاربعاء	الخميس	الجمعه	السبت
ربيع الآخر	الثلاثاء	الاربعاء	الخميس	الجمعه	السبت	الاحد	الاثنين
جمادى الاولى	الاربعاء	الخميس	الجمعه	السبت	الاحد	الاثنين	الثلاثاء
جمادى الآخرة	الجمعه	السبت	الاحد	الاثنين	الثلاثاء	الاربعاء	الخميس
رجب	السبت	الاحد	الاثنين	الثلاثاء	الاربعاء	الخميس	الجمعه
شعبان	الاثنين	الثلاثاء	الاربعاء	الخميس	الجمعه	السبت	الاحد
رمضان	الثلاثاء	الاربعاء	الخميس	الجمعه	السبت	الاحد	الاثنين
شوال	الخميس	الجمعه	السبت	الاحد	الاثنين	الثلاثاء	الاربعاء
ذوالقعدة	الجمعه	السبت	الاحد	الاثنين	الثلاثاء	الاربعاء	الخميس
ذوالحجة	الاحد	الاثنين	الثلاثاء	الاربعاء	الخميس	الجمعه	السبت

فاذا أردنا معرفة غرة رمضان سنة ١٣٠٣ مثلا نبحث ابتداء عن غرة هذه السنة باحدى الطريقتين المتقدمتين فنجدها يوم الجمعة ثم نبحث عن هذا اليوم فى الخانات الافقية التى فى حذاء خانة شهر محرم ونخرج منه على الصف الاول الرأسى ثم نخرج من خانة شهر رمضان على الصف الافقى فهذان الصفان يتلاقيان فى خانة يكون فيها الغرة المطلوبة وهى يوم الاربعاء

(فى تقويم الرومانيين)

(١٩٦) كانت السنة عند الرومانيين بمقتضى التقويم القديم الذى وضعه روميلوس فى مدة الجمهورية الاولى فى رومة مركبة من ٣٠٤ أيام ومنقسمة الى عشرة أشهر وهذا بيانها

(١) ان الوغ بك وضع هذا الجدول بارقام أيام الاسبوع وقد بدلناها نحن باسمائها اه

عدد

عدد الايام	أسماء الشهور	عدد الايام	أسماء الشهور
٣١	مارتيوس (مارث)	٣٠	سكستيلس
٣٠	ابريليوس (ابريل)	٣٠	سبتمبر
٣١	مايوس (مه)	٣١	اوقتوبر
٣٠	يونيوس (ژوين)	٣٠	نوفمبر
٣١	كينتيليس	٣٠	دسمبر

فكان عدد أيام السنة ٣٠٤ وابتداؤها شهر مارتيوس

ولما ظهر للامير (نوما) عدم انطباق هذا الترتيب على الفصول كما لايخفى أخذ فى اصلاحه على نسق التقويم اليونانى فأضاف شهرا أيامه ٢٩ سماه (ژانواريوس) وجعله أول الشهور ثم شهرا آخر أيامه ٢٨ يوما سماه (فبرواريوس) وجعله آخر الشهور فصارت السنة مركبة من ١٢ شهرا ولاجل امكان اتفاقها مع السنة القمرية حذف يوما واحدا من شهوره الاصلية التى كانت ٣٠ يوما فصارت الشهور كلها فردية العدد ماعدا شهر فبرواريوس لان الرومانيين كانوا يعتقدون ان الاعداد الفردية أشرف وأسعد من الزوجية فبهذه الطريقة صارت السنة الرومانية مرتبة هكذا

عدد الايام	أسماء الشهور	عدد الايام	أسماء الشهور
٢٩	ژانواريوس	٣١	كينتيليس
٢٨	فبرواريوس	٢٩	سكستيليس
٣١	مارتيوس	٢٩	سبتمبر
٢٩	ابريليس	٣١	أوقتوبر
٣١	مايوس	٢٩	نومبر
٢٩	يونيوس	٢٩	دسمبر

أى مركبة من ٣٥٥ يوما

ولما كانت السنة على هذا الترتيب قريبة جدا من السنة القمرية أرادوا تقريبها أيضا من السنة الشمسية فاتفقوا على ان يضيفوا كل سنتين شهرا أيامه ٢٢ يوما أو ٢٣ يوما فصارت السنة الاولى مركبة من اثنى عشر شهرا أى من (٣٥٥) يوما والسنة

الثانية لها من ١٣ شهرا أى من (٣٧٧) يوما والسنة الثالثة من ١٢ شهرا أيضا أى من (٣٥٥) يوما والسنة الرابعة من ١٣ شهرا ولكن من (٣٧٨) يوما وعلى هـذا القياس فصار عدد أيام كل أربع سنين ١٤٦٥ يوما فيكون متوسط عـدد أيام السنة الواحدة (٣٦٦) يوما وربع يوم وهو عدد أكبر من عدد أيام السنة الشمسية بزيادة عن يوم واحد وبعد قليل ظهر هـذا الفرق للامير المتقدم ذكره لجاء باصـلاح جديد ولـكن لم يحصـل تطبيقه فاما أن يكون ذلك من عدم فهم الرؤساء الروحانيـين الذين كانوا منوطين بحساب التقويم أو من عـدم اعتنائهم بذلك الاصـلاح فنتج من اهمالهم هـذا اختلاط كلى فى ترتيب الفصول حتى جاء وقت فى آخر الجمهورية كانت نقطـة اعتدال ربيع السـنة على بعد ثلاثة شـهور من نقطة اعتدال ربيع الكرة السماوية أى ان الشمس فى اليوم الذى وجدت فيه حقيقة على نقطة الربيع كانت معتبرة فيه أنها على نقطة الانقلاب الصيفى

(فى تقويم ژوليان)

ولاجل اصـلاح الخطاء المتقدم ذكره أضافوا الى سنة ٧٠٧ جمهورية أى سـنة ٤٧ قبل سيدنا عيسى عليه السلام شهرين زيادة عن الشهر (٣٠ يوما) الذى كـانوا يضيفونه فصارت تلك السنة مركبة من ٤٤٥ يوما (وعلى قول بعض المؤلفين ٤٤٣ يوما) وسميت بالسـنة المضطربة وبعـد ذلك بسنتين أى فى سـنة ٧٠٩ جمهورية الموافقة لسنة ٤٥ قبل سيدنا عيسى أراد ژول سزار (هو ژول قيصر أى الامبراطور) ازالة هـذا الخلل لجلب من الاسكندرية الفلكى الشهير سيسوجين وكلفه بذلك لجعل السنة مركبة من ٣٦٥ يوما وربع يوم وحيث ان هـذا الكسر يصـير يوما واحدا كل أربع سنين اتفقوا على جعل ثلاث سنين بسيطة ذات ٣٦٥ يوما وسنة كبيسة ذات ٣٦٦ يوما وهى الرابعة

وكان الرومانيون يسمون أوائل شهورهم بكلمة قالانداس (ولعلها أصل كلمة قالاندرى المستعملة الآن عند الافرنج بمعنى تقويم) فسموا اليوم الذى أضافوه الى رابع سنة (بيسكتوقالانداس) أى السادس الثانى من ابتـداء مارث لانهـم أضافوه مابين ٢٣ و٢٤ شباط وسموا تلك السنة بيسكستيل (أى الكبيسة) ثم زادوا أشهر (يوما) بقدر عشرة أيام فصارت السـنة مركبة من اثنى عشر شهرا مرتبة على النسق الآتى وهو

عدد الايام	أسماء الاشهر	عدد الايام	أسماء الاشهر
٣١	ژانواريوس	٣١	كينتيلس
٢٨ او ٢٩	فبرواريوس	٣١	سكستيلس
٣١	مارتيوس	٣٠	سبتمبر
٣٠	ابريلس	٣١	اوقتوبر
٣١	مايوس	٣٠	نومبر
٣٠	يونيوس	٣١	دسمبر

فصارت الايام فى كل ثلاث سنوات متوالية ٣٦٥ يوما وفى السنة الرابعة ٣٦٦ كما ذكر وتذكارا لهذا الاصلاح المنسوب لژولسيزار أبدل اسم الشهر السابع (كينتلس) بشهر ژوليوس كما انه أبدل الثامن (سيكتيلس) فيما بعد بشهر اوغوستوس ومعناه المقدس وذلك تذكارا للامبراطور اوغوستوس

ثم فى سنة ٣٢٥ ميلادية او ١٠٧٩ رومية أعنى بعد ژولسيزار بقدر ٣٧٠ سنة قرر المجمع النيقاوى (قونسيل ده نيسه) وهو مجلس كان يشتغل بالامور الروحانية استعمال الاصلاح الژوليوسى ولكن باعتبار المبداء تاريخ ميلاد سيدنا عيسى فعمل به فى جميع البلاد المسيحية الى سنة ١٥٨٢ ولم تزل تستعمله الآن الروس واليونان وبعض مسيحيى الشرق

(فى التقويم الغره غورى)

انه على فرض صحة القاعدة الژوليوسية يكون متوسط السنة ٣٦٥،٢٥ يوما وحيث ان السنة الحقيقية هى ٣٦٥،٢٤٢٢ يوما فتكون الاولى أعظم من الاخرى بقدر كسر اليوم ٠،٠٠٧٨ أى ١١ دقيقة و ١٣ ثانية و ٩٢ جزأ من المائة من الثانية فكل مائة سنة ژوليوسية تزيد عن السنة الحقيقية بقدر ٠،٧٨ أى ١٨ ساعة و ٤٣ دقيقة و ١٢ ثانية ففى هذه المدة تتقهقر بالضرورة نقطة الاعتدال من موضعها الحقيقى بهذا المقدار نعم ان هذا القدر لايؤثر فى هذه المدة تأثيرا ظاهرا ولكنه بمرور الاعصار يعظم جدا حتى يظهر منه تأثير فى التواريخ المقررة فقد شوهد ان فى سنة انعقاد المجمع النيقاوى أى سنة ٣٢٥ وصلت الشمس الى نقطة الاعتدال الربيعى فى ٢١ مارث ثم فى سنة ١٥٨٢ وصلت اليها فى ١١ مارث فلما رأى ذلك البابا الذى

كان فى ذلك العهد وهو غره غوار الثالث عشر أمر باصلاح هذا الخلل فلاحظوا ان الكسر ٠٠٧٨,٠ قد صار فى مدة ١٢٥٧ سنة ٩,٨٠٤٦ أى عشرة أيام فلاسقاط هذه الزيادة حسبوا الخامس من تشرين الاول سنة ١٥٨٢ بالخامس عشر منه فرجع سير الفصول كما كان سنة ٣٢٥ ولاجل عدم وقوع خلل فى المستقبل رأوا أن الفرق المذكور يبلغ فى كل اربعمائة سنة ٠٠٧٨,٠×٤٠٠ أعنى ٣,١٢ أيام فاتفقوا على ازالة هذه الزيادة بحذف ثلاث سنين كبيسة من كل أربعمائة سنة وجعلوا سنة ١٦٠٠ كبيسة و ١٧٠٠ و ١٨٠٠ و ١٩٠٠ بسيطة ثم ٢٠٠٠ كبيسة والمئات الثلاث الآتية بسيطة وهلم جرّا

وقد حكم البابا المذكور بابطال الطريقة الزوليوسية واتباع قاعدته فى أوائل مارث سنة ١٥٨١ لجميع البلاد التى كانت مطيعة للكنيسة قبلوا ذلك فى الحال مثل فرانسا واسبانيا والبرتغال وايطاليا وأما الدانيماركه والفلمنك وعلى الخصوص المتبعين لمذهب البروتستان لم يقبلوها الا سنة ١٧٠٠ والانكليز سنة ١٧٥٢ والآن قد قبلتها جميع ممالك أوروبا ماعدا الروس والاروام كما قلنا وفى الشرق بعض من المسيحيين

والتقويم الغره غوارى المذكور أدق التقويمات نعم انه يبقى على حسابه بالطريقة المذكورة كسر قليل وهو ١٢,٠ من اليوم ولاجل أن يصير يوما واحدا يلزم مضى مايزيد عن الثلاثة آلاف سنة الا أنه بالجملة فرق لايكاد يشعر به

وقد مر أنه فى سنة ١٥٨٢ أى وقت تبديل التقويم الزوليوسى بالتقويم الغرة غوارى كان الفرق بين هذين التقويمين عشرة أيام وقد زاد الآن هذا الفرق بيومين لان سنة ١٧٠٠ وسنة ١٨٠٠ عدتا كبيستين فى التقويم الزوليوسى وبسيطتين فى الغره غوارى ولذلك ترى فرقا بين حساب الروس واليونان وبين حساب سائر الافرنج بقدر ١٢ يوما وبعد ١٥ سنة تصير السنة الميلادية ١٩٠٠ وتكون بسيطة فى الحساب الغره غوارى وكبيسة فى الزوليوسى فيصير الفرق المذكور حينئذ ١٣ يوما ويبقى الفرق مساويا لهذا العدد الى سنة ٢١٠٠ ومن هذه الى سنة ٢٢٠٠ يصير ١٤ ومن ٢٢٠٠ الى ٢٣٠٠ يصير ١٥ ومن هاته الى سنة ٢٥٠٠ يصير ١٦ وهلم جرا

(فى السنة المالية العثمانية)

(١٩٧) فى أوائل أيام الدولة العلية كانت الايرادات تحصل ثم تصرف فى محل قبضها

اذ كان موظفوها فى مركز السلطنة من عساكر وغير عساكر قليلى العدد ولما كان أكثر الايرادات يتحصل على حساب الشهور القمرية كانت الحكومة تصرف الاستحقاقات فى تلك الشهور أيضا بدون أن يحدث من ذلك خلل فى موازنة الخزينة نعم ان بعض الالتزامات المتعلقة بالعشور وغيرها كانت تدفع على حساب السنة الشمسية ولكن لاجل ابقاء تلك الموازنة كان يضم اليها مبالغ أخرى تسمى بالتفاوت الحسن

ويرى فى وقائع سنة ١٢٠٩ من تاريخ جودت ان الدفتردار عثمان أفندى المورهلى قدّم الى الدولة تقريرا فى تلك السنة بين فيه أنه مع وجود التفاوت الحسن المذكور لم تزل الخزينة تخسر شيأ من جعل هذه الايرادات على حساب السنة الشمسية والمصاريف على حساب السنة القمرية ورأى لزوم جعل المصاريف على حساب السنة الشمسية أيضا فقررت الدولة حينئذ سنة شمسية مخصوصة بالامور المالية حسابها مبنى على الهجرة وأشهرها مأخوذة من الشهور السريانية والرومانية وأيامها ذات أيام الشهور الرومانية ودونك أسماءها وعدد أيامها

مارث	= ٣١ يوما	ايلول	= ٣٠ يوما
نيسان	= ٣٠ «	تشرين الاول	= ٣١ «
مايس	= ٣١ «	تشرين الثانى	= ٣٠ «
حزيران	= ٣٠ «	كانون الاول	= ٣١ «
تموز	= ٣١ «	كانون الثانى	= ٣١ «
أغسطس	= ٣١ «	شباط	= ٢٨ أو ٢٩ «

وجعل شهر مارث أول السنة لان الالتزامات كانت تدفع فى فصل الربيع فتراهم يقولون فى المكاتبات المالية شهر مارث أو نيسان أو . . . وهكذا من سنة كذا هجرية

وحيث ان شهر شباط يكبس كل أربع سنين فيكون بين السنة القمرية التى طولها ٣٥٤ وثلث يوم تقريبا والسنة الشمسية التى طولها ٣٦٥ وربع يوم تقريبا فرق بقدر عشرة أيام واثنتين وعشرين ساعة أى أحد عشر يوما تقريبا أى ان السنة الشمسية المذكورة تزيد عن السنة القمرية بهذا المقدار ولا يخفى ماينتج عن ذلك من الاختلال لان السنة المالية تكون متداخلة فى أكثر من سنة قمرية واحدة ففى سنة ١٢٨٧

شمسية كانت ٩ أيام منها متداخلة فى سنة ١٢٨٧ قمرية و ٣٥٤ يوما فى سنة ١٢٨٨ ويومان فى سنة ١٢٨٩ فلا يفهم من اسم تلك السنة الشمسية هل كانت من السنة القمرية الاولى أو الثانية أو الثالثة ولا يخفى ماينتج من ذلك من الخلل فى التقييدات

واذا فرضنا سنة ١٣٠٢ المالية نرى ان أول مارث منها يوافق ٧ جمادى الاولى من سنة ١٣٠٣ قمرية وهذا الفرق آخذ فى التزايد وحيث انه لايعرف للسنة المالية مبدأ معلوم فاذا فرض يوم منها لايعلم مقدما أى يوم من السنة القمرية يوافق ذلك اليوم

واذ كان لابد من حصول هذا الفرق بين السنتين المذكورتين فكان يلزم بالاقل عند بلوغ هذا الفرق سنة كاملة أن يصرف النظر عن سنة من سنى المالية فعند ختام سنة ١٢٥٥ مالية مثلا يلزم صرف النظر عن سنة ١٢٥٤ وابتداء سنة ١٢٥٦ وكذلك كان يلزم محو سنة ١٢٢١ التى هى بين ١٢٢٠ و ١٢٢٢ ولم نعلم هل حصل ذلك المحو أولا فاذا كان من الضرورى الاستمرار على المعاملة بالسنة المالية المذكورة فلا بد من اجراء ماذكرناه من المحو فالسنة ١٢٨٨ كان يلزم محوها أيضا فينتقل من سنة ١٢٨٧ الى سنة ١٢٨٩

واذا كان هذا المحو ضروريا فهل يكفى بمجرده لاصلاح هذا الحساب كلا فاصلاحه يتوقف على أكثر من هذا المحو وعندى انه بدلا عن البحث عن طريقة لاصلاحه يبحث وهو الصواب عن طريقة لتركه بالمرة ويتطرق فى العمل بوجه آخر

واذ كان الغرض من السنة الشمسية المالية انما هو عدم وقوع الاختلاف بينها وبين الفصول فمن السهل المحافظة على هذا الغرض بوسيلة أسهل استعمالا ولنقدم مابدا لنا فى هذا الموضوع فنقول

من المعلوم أن نبينا عليه أفضل الصلاة والسلام لما هاجر من مكة المكرمة وصل الى المدينة فى الثانى عشر من ربيع الاول من السنة الاولى الهجرية فلنبحث عن الدرجة والبرج اللذين كانت فيهما الشمس فى ذلك اليوم ولاجل ذلك نلتفت الى أنه من أول يوم من السنة الهجرية الى آخر سنة ١٣٠٢ مضى أيام عددها

٣٥٤٫٣٦٧٠٦٨ × ١٣٠٢ = ٤٦١٣٨٥٫٩٢٢٥٣٦ يوما

أما آخر سنة ١٣٠٢ المذكورة فهو يوم الخميس كما يظهر بالحساب ويقابل ٨ تشرين الاول من السنة الميلادية الافرنجية أى الغريغوارية فاذا أخذنا

هذا

هـذا اليوم مبـدأ وحـسبنا تلك الايام بالعكس الى أن نصـل الى أول يوم من السـنة الهجرية نجد هـذا اليوم بالنسـبة الى الحساب الغره غوارى ودونك صورة العمل

من شهر تشرين الاول سنة ١٨٨٥ ٨ أيام
« « ايلول « « ٣٠ «
« « اغسطس « « ٣١ «
« « تموز وحزيران ومايس « « ٩٢ «
« « نيسان ومارث وشباط « « ٨٩ «
« « كانون الثانى « « ٣١ «
(من سنة ١٨٨٥ ميلاديه)

المجموع ٢٨١ يوما

الايام التى فى ١٢٦٢ سنة ميلادية = ٣٦٥,٢٤٢٢١٧ × ١٢٦٢ = ٤٦٠٩٣٥,٦٧٧٨٥٤ يوما

١٨٨٤ — ١٢٦٢ = ٦٢٢

وأيام كانون الاول من هذه السنة = ٣١
« تشرين الثانى منها = ٣٠
« تشرين الاول « = ٣١
« ايلول « = ٣٠
« اغسطس « = ٣١
ومن تموز ١٦,٢٤٤٦٨٢

٤٦١٨٥٣,٦٢٢٥٣٦

وهو عدد يساوى عدد الايام التى فى ١٣٠٢ سنة قمرية كما تقدم

تموز = ٣١
١٦,٢٤٤٦٨٢

١٤,٧٥٥٣١٨ = ١٤ يوما و ١٨ ساعه و ٧ دقائق و ٣٦ ثانيه

أى أن مبدأ التاريخ الهجرى بالنسـبة لاهل الهيئة كان فى ١٥ تموز سـنة ٦٢٢ ميلادية افرنجية وأما بالنسـبة لعامة الناس الذين ينوطون حسابهم بظهور الهـلال فكان فى ١٦ منـه ولتحقيق ذلك بحساب آخر نقول انه يوجد ٤٦١٣٥٨ يوما من ابـتداء التاريخ المذكور الى آخر سـنة ١٣٠٢ وآخرها يوم خميس فاذا قسمنا ذلك

العدد على ٧ يبقى ١ وحيث ان هذا الباقى يقابل يوم الخميس فابتداء الهجرة كان يوم الخميس ١٥ تموز سنة ٦٢٢ افرنجية كما تقدم ذكره

٣٠ يوما من محرم
٢٩ « « صفر
١٢ « « ربيع الاول

فالمجموع = ٧١ يوما

وكذلك من ١٤ تموز الى آخره ١٦ يوما و ٦ ساعات
من اغسطس ٣٠ يوما
من ايلول ٢٣ يوما و ١٨ ساعة

فالمجموع = ٧١ يوما أيضا

أى ان وصوله عليه الصلاة والسلام الى المدينة كان بعد ابتداء السنة الهجرية بقدر ٧١ يوما وسيأتى ان هذا اليوم يقابل يوم الجمعة الموافق للرابع والعشرين من ايلول سنة ٦٢٢ ميلادية فاذا بحثنا فى التقويم عن طول الشمس فى ٢٣ ايلول وعشر دقائق وكسور نجد °١٨١ وحيث ان °١٨٠ تدل على البروج الشمالية الحمل والثور والجوزاء والسرطان والاسد والسنبلة فاذا صرفنا النظر عنها يبقى معنا درجة واحدة فيتلخص انه فى يوم دخول النبى عليه الصلاة والسلام فى المدينة كانت الشمس فى أول درجة من برج الميزان أعنى يوم تساوى الليل والنهار فى ختام فصل الصيف وابتداء فصل الخريف

فينتج مما ذكر انه لو استعملت الدولة العلية السنة الشمسية بأخذ أول درجة الميزان مبدأ لها تنتظم سنوها المالية كما لا يخفى ولا سيما ان هذا المبدأ يقابل تشريف فخر الكائنات عليه أفضل الصلاة والسلام للمدينة المنورة ويكون هنالك مصادفة غريبة جدا

وقد أثبت بالحساب أيضا طاهر أفندى أحد رؤساء منجمى عصرنا هذا قبل الآن بنحو عشرين سنة أن دخول النبى عليه الصلاة والسلام المدينة المنورة كان وقت وجود الشمس فى أول درجة الميزان وأدخل ذلك فى حساب التقويم السنوى وقد سلك هذا المسلك من خلفه من أرباب التقاويم الى هذه الايام وكذلك ألف المؤرخ الشهير جودت باشا أحد أفاضل علماء هذا العصر رسالة اسمها (تقويم الادوار) بحث فيها

عن

عن التواريخ التى كانت مستعملة عند السلف واستحسن فيها أن الدولة العلية تستعمل السنة الشمسية بأخذها يوم الاعتدال الخريفى المقابل للهجرة مبدأ لها وتسمى حينئذ بالسنة الشمسية الهجرية

فاذا استعملت الدولة العلية السنة الشمسية بهذه الكيفية يلزم تقسيمها طبيعة الى اثنى عشر شهرا وتكون محتوية على (٣٦٥,٢٤٢٢١٧) يوما كما هو جار فى الحساب الغره غوارى ثم يصرف النظر عن هذا الكسر ويضاف بدله يوم كامل فى كل رابع سنة فثلاث سنين تكون بسيطة أى مركبة من ٣٦٥ يوما والرابعة كبيسة ومركبة من ٣٦٦ يوما وحيث انه يبقى كسر آخر يعادل (٠,٠٠٧٧٨٣) وهو يكون ثلاثة أيام فى مدة ٤٠٠ سنة ففى كل أربعة عصور يطرح من ثلاث سنوات كبيسة يوم واحد فتصير بسيطة

وأما أسماء الشهور التى يلزم استعمالها فأرى أنها تكون عين أسماء البروج وفاقا لجودت باشا أو تبقى الاسماء المستعملة الآن ولكن يجعل ايلول أول شهر مقابل لاول درجة من برج الميزان وتكون أيام الاشهر مرتبة على نسق أشهر تاريخ الميلاد الافرنجى غير أنه يوجد حينئذ فرق بين السنة الشمسية الهجرية والسنة الافرنجية بقدر ٢٣ يوما أعنى أول يوم من أية سنة من سنينا تقابل اليوم الرابع والعشرين من سنيهم وعلى ذلك يكون آخر يوم من سنة ١٣٠٢ هجرية قمرية ١٥ من سنة ١٢٦٤ هجرية شمسية ويوم الخميس ٨ من تشرين الاول من سنة ١٨٨٥ ميلادية افرنجية فاذا عملت التقاويم على هذا النسق لاتتغير الفصول الاربعة مدة ٣٥٣٣ سنة ولكن يبقى كسر كل أربعمائة سنة قدره ٠,١١٣٢ من اليوم الواحد ويصير يوما كاملا بعد الآن بقدر ٣٥٣٣ سنة ففى ذلك الحين تسقط سنة كبيسة فترجع الفصول كما كانت بالضبط

(فى كيفية معرفة عدد أيام الشهور الرومية والكبيسة من سنيها والبسيطة)

(١٩٨) لاجل معرفة ماتبلغ أيامه من الاشهر الرومية ٣١ وما تبلغ ٣٠ تقبض على يدك اليسرى كما ترى فى (شكل ١٠٤) وتعد الشهور بالابتداء من كانون الثانى على مفاصل أصابعك وما بينها بالابتداء من مفصل السبابة وبعد ماتصل الى مفصل الخنصر ترجع ثانيا حتى تصل الى السبابة وهلم جرا الى ان تعد الاثنى عشر شهرا فالشهور التى تقع على المفاصل هى ذات ٣١ يوما والتى تقع مابين المفاصل ٣٠

يوما ماعدا شهر شباط فانه اما أن يكون ٢٨ يوما أو ٢٩ على حسب كون السنة بسيطة أو كبيسة كما بينا ذلك فى مادة (١٩٦) فلمعرفة السنين الميلادية الكبيسة والسنين العادية نقسم عددها على ٤ فان لم يبق باق تكون كبيسة والا فبسيطة وقد بينا فى المادة المذكورة أنه فى كل أربعة أعصر تكون ثلاث سنين بسيطة وواحدة كبيسة فلمعرفة العصر الذى يكون آخر سنيه كبيسة نقسم عدده على ٤ فان تمت القسمة برقم واحد فى الخارج بصرف النظر عن الاصفار تكون السنة المفروضة كبيسة والا فبسيطة مثلا اذا فرضنا سنة ٢٠٠٠ نقسمها على ٤ فنقول ٢٠ تحتوى على ٤ خمس مرات ويبقى صفر فالسنة المفروضة كبيسة

(فى بعض توقيعات مجربة)

(١٩٩) لاشبهة فى ان اختلاف الفصول ناشئ عن حركة الشمس على دائرة البروج بمقدار معلوم كل يوم الى ان تتمها فى سنة كاملة فاذا تصورنا فى أثناء هذه الحركة الاشعة الواصلة بين احدى نقط الشمس وآفاق النقط التى على سطح الارض نرى انها تكون تارة مائلة جدا على تلك الآفاق وأخرى مائلة قليلا عليها فالاشعة التى تكون مائلة على أفق ما أو تستمر قليلا عليه تحدث حرارة قليلة بخلاف القائمة عليه أو التى تبقى كثيرا على ذلك الافق فانها تحدث عليه حرارة شديدة فالبرودة والحرارة بميل الاشعة المذكورة على الآفاق وعدم ميلها عليها أو قلته ولا شك أن كثرة الاهوية وقلتها ووقت الزراعة والحصاد ووقوع أوراق الاشجار واخضرارها وانتقال بعض الطيور من مكان الى آخر كلها أمور متعلقة بحرارة الاماكن وبرودتها وقد علم بالاستقراء أوقات حصول هذه الامور فانظرها فى الجدول الذى حررناه كما ترى فى (شكل ١٠٥) فانه يحتوى على أهمها وعلى أيام الاشهر الرومية الزوليوسية وتقاسيم درجات البروج المقابلة لها وقد كتبنا فى الدائرة الداخلية كل حادثة أمام اليوم ودرجة البروج التى تكون فيها الشمس وقت حصولها

(فى التغيير السنوى لميل الشمس الاعظم)

(٢٠٠) قلنا فى مواد كثيرة ان ميل الشمس الاعظم يعادل ثلاثا وعشرين درجة وثمانيا وعشرين دقيقة وكأن ذلك على وجه التقريب لان الغرض مما ذكر فى جميع تلك المواد رسم الميل المذكور بواسطة المنقلة وهذا المقدار كاف لذلك الغرض فاذا أردت معرفة هذا المقدار بالضبط فعليك بالنظر فى الجدول الآتى

قد

قد رصد الميل المذكور فى الصين ١١٠٠ سنة قبل الميلاد فوجد= ٠٠ً ٥٢َ ٢٣°

« « « « فى مارسيليا ٥٣٠ سنة بعد الميلاد فوجد = ٢٠ ,, ٤٩ ,, ٢٣

« « « «فى مصر بمعرفة ابن يونس ١٠٠٠ سنة بعد الميلاد فوجد= ٢٦ ,, ٣٤ ,, ٢٣

« « « « فى الصين ١٢٨٠ سنة بعد الميلاد فوجد = ٠٢ ,, ٣٢ ,, ٢٣

« « « « فى سمرقند بمعرفة الوغ بك سنة ١٤٣٧ فوجد = ٤٨ ,, ٣١ ,, ٢٣

« « « « فى انكلتره بمعرفة برادلى سنة ١٧٥٠ فوجد = ٣٢ ,, ٢٨ ,, ٢٣

« « « « فى أيامنا هذه فوجد = ١٥ ,, ٢٧ ,, ٢٣

ويؤخذ من ذلك أنه من مدة ٢٩٨٥ سنة لم يتفق فى الارصاد المختلفة مقداران متساويان للميل الاعظم بل هو آخذ فى التناقص وبالتأمل يظهر أنّ متوسط التناقص السنوى هو نصف ثانية تقريبا

فاذا دام التناقص على هذه النسبة يصير دقيقه واحدة فى ١٢٥ سنة ودرجة واحدة فى ٧٥٠٠ سنة ويصير التناقص مساويا للميل الاعظم نفسه فى ١٧٧٠٠٠ سنة ويكون الميل المذكور اذذاك صفرا وتنطبق دائرة البروج على دائرة المعدل فيزول وقتئذ الاختلاف الذى بين الليل والنهار ولا يبقى تعاقب للفصول مثل الآن أى ان الليل يكون مساويا للنهار أبدا ويكون لجميع سكان الارض فصل واحد وهو الربيع ولكن هيهات ان يحصل ذلك لان الميكانيكية الفلكية أثبتت لعلماء أوروبا ان اختلاف الميل الاعظم المذكور انما هو ناشئ عن تقارب دائرة البروج ودائرة المعدل فى مدّة ثم تباعدهما فى مدّة أخرى وسبب ذلك حركة خصوصية للكرة الارضية وقد حسبوا سعة اهتزاز هاتين الدائرتين فوجدوا انه وقتما تكون دائرة البروج على أعظم بعد من دائرة المعدل يكون الفرق بين ذلك البعد والميل يساوى درجة واحدة وعشرين دقيقة وكذلك وقتما تكون على أقرب بعد منها فعلى هذا اذا كان الميل الاعظم آخذا الآن فى التناقص فسيجيء وقت ينتهى فيه هذا التناقص فيبتدئ فى التزايد وهكذا الى ماشاء الله وهو اعلم بالصواب

الجداول المذكورة

في متن الكتاب

جدول نمرة (١)

يشتمل على مايلزم لرسم تقسيمات الشهور من ٥ الى ٥ أيام على حرف بسيطة اليد لعرض ٤١°

يعني غايات ارتفاعات الشهور من ٥ الى ٥ أيام

الشهور	الايام	غايات الارتفاعات		الشهور	الايام	غايات الارتفاعات		الشهور	الايام	غايات الارتفاعات	
		دقيقه	درجه			دقيقه	درجه			دقيقه	درجه
حزيران	٥	٢٣	٧٢	تشرين الاول	٥	٤٤	٣٩	شباط	٥	٠٣	٣٧
	١٠	٢٧	٧٢		١٠	٥٦	٣٧		١٠	٥١	٣٨
	١٥	٢٠	٧٢		١٥	١٢	٣٦		١٥	٤٢	٤٠
	٢٠	٠٣	٧٢		٢٠	٣٣	٣٤		٢٠	٣٦	٤٢
	٢٥	٣٦	٧١		٢٥	..	٣٣		٢٥	٣٢	٤٤
	٣٠	٥٩	٧٠		٣١	١٧	٣١		٢٨ ٢٩	٤٣	٤٥
تموز	٥	١٢	٧٠	تشرين الثاني	٥	..	٣٠	مارث	٥	٤١	٤٧
	١٠	١٧	٦٩		١٠	٥١	٢٨		١٠	٣٩	٤٩
	١٥	١٣	٦٨		١٥	٥١	٢٧		١٥	٣٧	٥١
	٢٠	٠٢	٦٧		٢٠	٠٢	٢٧		٢٠	٣٣	٥٣
	٢٥	٤٢	٦٥		٢٥	٢٣	٢٦		٢٥	٢٨	٥٥
	٣١	٥٩	٦٣		٣٠	٥٥	٢٥		٣١	٤٢	٥٧
اغستوس	٥	٢٥	٦٢	كانون الاول	٥	٣٨	٢٥	نيسان	٥	٢٩	٥٩
	١٠	٤٧	٦٠		١٠	٣٣	٢٥		١٠	١٢	٦١
	١٥	٠٤	٥٩		١٥	٤٠	٢٥		١٥	٥٠	٦٢
	٢٠	١٧	٥٧		٢٠	..	٢٦		٢٠	٢٣	٦٤
	٢٥	٢٦	٥٥		٢٥	٣١	٢٦		٢٥	٤٩	٦٥
	٣١	١٠	٥٣		٣١	٢٢	٢٧		٣٠	٠٨	٦٧
ايلول	٥	١٥	٥١	كانون الثاني	٥	١٧	٢٨	مايس	٥	٢٠	٦٨
	١٠	١٨	٤٩		١٠	٢١	٢٩		١٠	٢٣	٦٩
	١٥	٢٢	٤٧		١٥	٣٤	٣٠		١٥	١٨	٧٠
	٢٠	٢٥	٤٥		٢٠	٥٦	٣١		٢٠	٠٣	٧١
	٢٥	٢٩	٤٣		٢٥	٢٥	٣٣		٢٥	٣٩	٧١
	٣٠	٣٥	٤١		٣١	٢١	٣٥		٣١	٠٩	٧٢

جدول نمرة (٢)

يشتمل على ما يلزم لرسم خطوط ساعات بسيطة اليد الزوالية لعرض ٤١°

غاية ارتفاع مدار السرطان = ٣٠″ ٢٧′ ٧٢° وغاية ارتفاع معدل النهار = ٤٩° وغاية ارتفاع مدار الجدى = ٣٠″ ٣٢′ ٢٥°

	ساعات الصباح		ساعات المساء		زوايا الساعات		ارتفاع الشمس المطلوب (درجة الشمس ٣٠ الجوزا تمام ميل الشمس = ٢ ٣٢′ ٦٦°)		ارتفاع الشمس المطلوب (درجة الشمس ٣٠ السنبلة تمام ميل الشمس = ١٥′ ٩٥°)		ارتفاع الشمس المطلوب (درجة الشمس ٣٠ القوس متمم ميل الشمس = ٢٧′ ١١٣°)	
	دقيقة	ساعة	دقيقة	ساعة	دقيقة	درجة	دقيقة	درجة	دقيقة	درجة	دقيقة	درجة
لاجل خط الساعه الاول قبل الزوال	٤٥	١١	١٥	٠	٤٥	٣	١٥	٧٢	٣٧	٤٨	٢٧	٢٥
» الثانى »	٣٠	١١	٣٠	٠	٣٠	٧	٢٢	٧١	١١	٤٨	١٠	٢٥
» الثالث »	١٥	١١	٤٥	٠	١٥	١١	٠٦	٧٠	٣١	٤٧	٤٢	٢٤
وهلم جرا	٠٠	١١	٠٠	١	٠٠	١٥	٢٥	٦٨	٣٤	٤٦	٠٤	٢٤
	٤٥	١٠	١٥	١	٤٥	١٨	٢٨	٦٦	٢٣	٤٥	١٤	٢٣
	٣٠	١٠	٣٠	١	٣٠	٢٢	١٦	٦٤	٥٩	٤٣	١٥	٢٢
	١٥	١٠	٤٥	١	١٥	٢٦	٥٤	٦١	٢٢	٤٢	٠٦	٢١
	٠٠	١٠	٠٠	٢	٠٠	٣٠	٢٤	٥٩	٣٥	٤٠	٤٧	١٩
	٤٥	٩	١٥	٢	٤٥	٣٣	٤٨	٥٦	٣٩	٣٨	٢٠	١٨
	٣٠	٩	٣٠	٢	٣٠	٣٧	٠٨	٥٤	٣٤	٣٦	٤٥	١٦
	١٥	٩	٤٥	٢	١٥	٤١	٢٥	٥١	٢٢	٣٤	٠٢	١٥
	٠٠	٩	٠٠	٣	٠٠	٤٥	٣٩	٤٨	٠٣	٣٢	١٣	١٣
	٤٥	٨	١٥	٣	٤٥	٤٨	٥٢	٤٥	٣٩	٢٩	١٦	١١
	٣٠	٨	٣٠	٣	٣٠	٥٢	٠٣	٤٣	١٠	٢٧	١٤	٩
	١٥	٨	٤٥	٣	١٥	٥٦	١٤	٤٠	٣٦	٢٤	٠٦	٧
	٠٠	٨	٠٠	٤	٠٠	٦٠	١٤	٣٧	٥٩	٢١	٥٢	٤
	٤٥	٧	١٥	٤	٤٥	٦٣	٣٤	٣٤	٢٠	١٩	٣٥	٢
	٣٠	٧	٣٠	٤	٣٠	٦٧	٤٥	٣١	٣٧	١٦	١٣	٠
	١٥	٧	٤٥	٤	١٥	٧١	٥٦	٢٨	٥٢	١٣	١٣	٢ تحت الافق
	٠٠	٧	٠٠	٥	٠٠	٧٥	٠٨	٢٦	٠٦	١١	٤٢	٤
	٤٥	٦	١٥	٥	٤٥	٧٨	٢١	٢٣	١٨	٨	١٤	٧
	٣٠	٦	٣٠	٥	٣٠	٨٢	٣٥	٢٠	٣٠	٥	٥٠	٩
	١٥	٦	٤٥	٥	١٥	٧٦	٥١	١٧	٤٠	٢	٢٨	١٢
	٠٠	٦	٠٠	٦	٠٠	٩٠	٠٩	١٥	٠٠	٠	٠٨	١٥
	٤٥	٥	١٥	٦	٤٥	٩٣	٢٩	١٢	٥٩	٢ تحت الافق	٥٠	١٧
	٣٠	٥	٣٠	٦	٣٠	٩٧	٥٠	٩	٤٩	٥	٣٤	٢٠
	١٥	٥	٤٥	٦	١٥	١٠١	١٥	٧	٣٨	٨	٢٠	٢٣
	٠٠	٥	٠٠	٧	٠٠	١٠٥	٤٢	٤	٢٦	١١	٠٧	٢٦
	٤٥	٤	١٥	٧	٤٥	١٠٨	١٤	٢	١٢	١٤	٥٥	٢٨
	٣٠	٤	٣٠	٧	٣٠	١١٢	١٢	٠ تحت الافق	٥٧	١٦	٣٤	٣١
	١٥	٤	٤٥	٧	١٥	١١٦	٣٤	٢	٤٠	١٩	٣٤	٣٤
	٠٠	٤	٠٠	٨	٠٠	١٢٠	٥٢	٤	٢٠	٢٢	٢٣	٣٧
	٤٥	٣	١٥	٨	٤٥	١٢٣	٠٥	٧	٥٨	٢٤	١٣	٤٠
	٣٠	٣	٣٠	٨	٣٠	١٢٧	١٣	٩	٣٢	٢٧	٠٢	٤٣
	١٥	٣	٤٥	٨	١٥	١٣١	١٥	١١	٠٢	٣٠	٥١	٤٥
	٠٠	٣	٠٠	٩	٠٠	١٣٥	١١	١٣	٢٦	٣٢	٣٨	٤٨
	٤٥	٢	١٥	٩	٤٥	١٣٨	٠١	١٥	٤٦	٣٤	٢٤	٥١
	٣٠	٢	٣٠	٩	٣٠	١٤٢	٤٤	١٦	٥٩	٣٦	٠٨	٥٤
	١٥	٢	٤٥	٩	١٥	١٤٦	١٩	١٨	٠٤	٣٩	٤٨	٥٦
	٠٠	٢	٠٠	١٠	٠٠	١٥٠	٤٦	١٩	٠١	٤١	٢٣	٥٩
	٤٥	١	١٥	١٠	٤٥	١٥٣	٠٥	٢١	٥٠	٤٢	٥٤	٦١

خط وقت الامساك = ٣٠′ ٢١° تحت الافق يعنى جهة اليسار
خط وقت الفجر وصلاة العشاء = ٠٠ ور ١٨ «
خط وقت الطلوع والغروب = ٠٠٠٠ المبدأ

خط صلاة العيد = ٠٠ ور ٥ فوق الافق يعنى جهة الزوال
خط العصرين وجهة القبلة موجودة فى الجداول (٥ الى ١٥)
خط وقت الزوال مرسوم بالطبع

جدول

يشتمل على الزوال الحقيقي والزمن الوسطى ويعرف منه بالساعة الزوالية

الأيام	مارث			نيسان			مايس			حزيران			تموز			اغستوس		
	ثانية	دقيقة	ساعة	ثانيه	دقيقة	ساعة	ثانيه	دقيقة	ساعة	ثانيه	دقيقة	ساعة	ثانيه	دقيقة	ساعة	ثانيه	دقيقة	ساعة
١	٣٢,٠٢	٩	٠	٢٦,٢٧	٠٠	٠	٠٨,١٠	٥٦	١١	٤٧,١٩	٥٩	١١	٢٨,٠٢	٥	٠	٣٥,٥٤	٤	٠
٢	١٥,١٥	٩	٠	١١,١٢	٠٠	٠٠	٠٧,٩٣	٥٦	١١	٥٩,٨٦	٥٩	١١	٣٤,٨٧	٥	٠	٢٤,٦٢	٤	٠
٣	٥٨,٢٤	٨	٠	٥٦,٣٢	٥٩	١١	٠٨,٣٤	٥٦	١١	١٢,٦٤	٠	٠	٤١,٢١	٥	٠	١٣,١٥	٤	٠
٤	٤١,٠١	٨	٠	٤١,٨٨	٥٩	١١	٠٩,٣٢	٥٦	١١	٢٥,٥٢	٠	٠	٤٧,٠٣	٥	٠	٠١,١٣	٤	٠
٥	٢٣,٥٧	٨	٠	٢٧,٨١	٥٩	١١	١٠,٨٥	٥٦	١١	٣٨,٤٦	٠	٠	٥٢,٣١	٥	٠	٤٨,٥٨	٣	٠
٦	٠٥,٩٤	٨	٠	١٤,١٢	٥٩	١١	١٢,٩٢	٥٦	١١	٥١,٤٤	٠	٠	٥٧,٠٥	٥	٠	٣٥,٥١	٣	٠
٧	٤٨,١٥	٧	٠	٠٠,٨٢	٥٩	١١	١٥,٥٢	٥٦	١١	٠٤,٤٤	١	٠	٠١,٢٣	٦	٠	٢١,٩٣	٣	٠
٨	٣٠,٢١	٧	٠	٤٧,٩٢	٥٨	١١	١٨,٦٥	٥٦	١١	١٧,٤٣	١	٠	٠٤,٨٤	٦	٠	٠٧,٨٦	٣	٠
٩	١٢,١٣	٧	٠	٣٥,٤٣	٥٨	١١	٢٢,٣٠	٥٦	١١	٣٠,٣٩	١	٠	٠٧,٨٨	٦	٠	٥٣,٣٠	٢	٠
١٠	٥٣,٩٣	٦	٠	٢٣,٣٦	٥٨	١١	٢٦,٤٦	٥٦	١١	٤٣,٣١	١	٠	١٠,٣٤	٦	٠	٣٨,٢٧	٢	٠
١١	٣٥,٦٣	٦	٠	١١,٧٢	٥٨	١١	٣١,١١	٥٦	١١	٥٦,٢٦	١	٠	١٢,٢٢	٦	٠	٢٢,٧٩	٢	٠
١٢	١٧,٢٥	٦	٠	٠٠,٥٢	٥٨	١١	٣٦,٢٧	٥٦	١١	٠٨,٩٢	٢	٠	١٣,٥٠	٦	٠	٠٦,٨٧	٢	٠
١٣	٥٨,٨١	٥	٠	٤٩,٧٨	٥٧	١١	٤١,٩٢	٥٦	١١	٢١,٥٧	٢	٠	١٤,١٩	٦	٠	٥٠,٥٣	١	٠
١٤	٤٠,٣٣	٥	٠	٣٩,٥١	٥٧	١١	٤٨,٠٥	٥٦	١١	٣٤,٠٨	٢	٠	١٤,٢٨	٦	٠	٣٣,٧٨	١	٠
١٥	٢١,٨٢	٥	٠	٢٩,٧٣	٥٧	١١	٥٤,٦٦	٥٦	١١	٤٦,٤٤	٢	٠	١٣,٧٧	٦	٠	١٦,٦٥	١	٠
١٦	٠٣,٣١	٥	٠	٢٠,٤٦	٥٧	١١	٠١,٧٣	٥٧	١١	٥٨,٦٣	٢	٠	١٢,٦٧	٦	٠	٥٩,١٥	٠	٠
١٧	٤٤,٨٤	٤	٠	١١,٧٠	٥٧	١١	٠٩,٢٦	٥٧	١١	١٠,٦٣	٣	٠	١٠,٩٧	٦	٠	٤١,٣١	٠	٠
١٨	٢٦,٤٢	٤	٠	٠٣,٤٧	٥٧	١١	١٧,٢٣	٥٧	١١	٢٢,٤٢	٣	٠	٠٨,٦٧	٦	٠	٢٣,١٥	٠	٠
١٩	٠٨,٠٧	٤	٠	٥٥,٧٧	٥٦	١١	٢٥,٦٤	٥٧	١١	٣٣,٩٨	٣	٠	٠٥,٧٨	٦	٠	٠٤,٦٨	٠	٠
٢٠	٤٩,٨٢	٣	٠	٤٨,٦٣	٥٦	١١	٣٤,٤٧	٥٧	١١	٤٥,٢٩	٣	٠	٠٢,٢٩	٦	٠	٤٥,٩٢	٥٩	١١
٢١	٣١,٧٠	٣	٠	٤٢,٠٥	٥٦	١١	٤٣,٧٠	٥٧	١١	٥٦,٣٣	٣	٠	٥٨,٢٢	٥	٠	٢٦,٩٠	٥٩	١١
٢٢	١٣,٧٣	٣	٠	٣٦,٠٣	٥٦	١١	٥٣,٣٢	٥٧	١١	٠٧,٠٨	٤	٠	٥٣,٥٧	٥	٠	٠٧,٦٣	٥٩	١١
٢٣	٥٥,٩٢	٢	٠	٣٠,٥٩	٥٦	١١	٠٣,٣٢	٥٨	١١	١٧,٥٣	٤	٠	٤٨,٣٤	٥	٠	٤٨,١٢	٥٨	١١
٢٤	٣٨,٣٠	٢	٠	٢٥,٧٢	٥٦	١١	١٣,٦٨	٥٨	١١	٢٧,٦٦	٤	٠	٤٢,٥٤	٥	٠	٢٨,٣٩	٥٨	١١
٢٥	٢٠,٨٩	٢	٠	٢١,٤٤	٥٦	١١	٢٤,٣٨	٥٨	١١	٣٧,٤٦	٤	٠	٣٦,١٧	٥	٠	٠٨,٤٦	٥٨	١١
٢٦	٠٣,٧٠	٢	٠	١٧,٧٤	٥٦	١١	٣٥,٤١	٥٨	١١	٤٦,٩٠	٤	٠	٢٩,٢٢	٥	٠	٤٨,٣٣	٥٧	١١
٢٧	٤٦,٧٦	١	٠	١٤,٦٣	٥٦	١١	٤٦,٧٤	٥٨	١١	٥٥,٩٧	٤	٠	٢١,٧٠	٥	٠	٢٨,٠٢	٥٧	١١
٢٨	٣٠,٠٨	١	٠	١٢,١١	٥٦	١١	٥٨,٣٥	٥٧	١١	٠٤,٦٤	٥	٠	١٣,٦١	٥	٠	٠٧,٥٥	٥٧	١١
٢٩	١٣,٦٧	١	٠	١٠,١٩	٥٦	١١	١٠,٢٣	٥٩	١١	١٢,٦٨	٥	٠	٠٤,٩٥	٥	٠	٤٦,٩٤	٥٦	١١
٣٠	٥٧,٥٦	٠	٠	٠٨,٨٥	٥٦	١١	٢٢,٣٥	٥٩	١١	٢٠,٨٨	٥	٠	٥٥,٧٢	٤	٠	٢٦,١٩	٥٦	١١
٣١	٤١,٧٥	٠	٠		٥٦	١١	٣٤,٦٨	٥٩	١١			٠	٤٥,٩١	٤	٠	٠٥,٣٢	٥٦	١١

نمرة (٣)

وقت مرور الشمس من نصف النهار فى أىّ يوم من أىّ شهر ويسمى بجدول تعديل الزمن

ايلول			تشرين الاول			تشرين الثانى			كانون الاول			كانون الثانى			شباط		
ثانيه	دقيقه	ساعه	ثانيه	دقيقه	ساعه	ثانيه	دقيقه	ساعه	ثانية	دقيقه	ساعه	ثانيه	دقيقه	ساعه	ثانيه	دقيقه	ساعه
٤٤,٣٦	٥٥	١١	١٣,٠١	٤٦	١١	٢٨,٦٨	٤٤	١١	٣٣,٦٢	٥٤	١١	٤٣,٢٣	٨	٠	٢٧,١٠	١٤	٠
٢٣,٣١	٥٥	١١	٥٩,٣١	٤٥	١١	٣٨,٠٩	٤٤	١١	٠٢,٣٧	٥٥	١١	٠٥,٧٨	٩	٠	٢٥,٥٨	١٤	٠
٠٢,٢٠	٥٥	١١	٤٦,١٤	٤٥	١١	٤٨,٣٢	٤٤	١١	٣١,٣٦	٥٥	١١	٢٧,٧٠	٩	٠	٢٣,٣٢	١٤	٠
٤١,٠٥	٥٤	١١	٣٣,٥٢	٤٥	١١	٥٩,٣٨	٤٤	١١	٠٠,٥٨	٥٦	١١	٤٨,٩٥	٩	٠	٢٠,٣٣	١٤	٠
١٩,٨٧	٥٤	١١	٢١,٤٧	٤٥	١١	١١,٢٦	٤٥	١١	٢٩,٩٩	٥٦	١١	٠٩,٥١	١٠	٠	١٦,٦١	١٤	٠
٥٨,٦٩	٥٣	١١	١٠,٠٠	٤٥	١١	٢٣,٩٥	٤٥	١١	٥٩,٥٥	٥٦	١١	٢٩,٣٧	١٠	٠	١٢,١٨	١٤	٠
٣٧,٥٢	٥٣	١١	٥٩,١٣	٤٤	١١	٣٧,٤٤	٤٥	١١	٢٩,٢٣	٥٧	١١	٤٨,٥٠	١٠	٠	٠٧,٠٥	١٤	٠
١٦,٣٩	٥٣	١١	٤٨,٨٨	٤٤	١١	٥١,٧٥	٤٥	١١	٥٩,٠١	٥٧	١١	٠٦,٨٩	١١	٠	٠١,٢٢	١٤	٠
٥٥,٣١	٥٢	١١	٣٩,٢٦	٤٤	١١	٠٦,٨٦	٤٦	١١	٢٨,٨٥	٥٨	١١	٢٤,٥٢	١١	٠	٥٤,٧١	١٣	٠
٣٤,٣٢	٥٢	١١	٣٠,٣٠	٤٤	١١	٢٢,٧٦	٤٦	١١	٥٨,٧٢	٥٨	١١	٤١,٣٧	١١	٠	٤٧,٥٣	١٣	٠
١٣,٤٤	٥٢	١١	٢٢,٠٢	٤٤	١١	٣٩,٤٥	٤٦	١١	٢٨,٦٠	٥٩	١١	٥٧,٤٤	١١	٠	٣٩,٧٠	١٣	٠
٥٢,٦٨	٥١	١١	١٤,٤٣	٤٤	١١	٥٦,٩٢	٤٦	١١	٥٨,٤٥	٥٩	١١	١٢,٧٠	١٢	٠	٣١,٢٣	١٣	٠
٣٢,٠٨	٥١	١١	٠٧,٥٧	٤٤	١١	١٥,١٧	٤٧	١١	٢٨,٢٤	٠	٠	٢٧,١٥	١٢	٠	٢٢,١٣	١٣	٠
١١,٦٦	٥١	١١	٠١,٤٤	٤٤	١١	٣٤,١٧	٤٧	١١	٥٧,٩٥	٠	٠	٤٠,٧٩	١٢	٠	١٢,٤٣	١٣	٠
٥١,٤٥	٥٠	١١	٥٦,٠٦	٤٣	١١	٥٣,٩١	٤٧	١١	٢٧,٥٤	١	٠	٥٣,٦١	١٢	٠	٠٢,١٤	١٣	٠
٣١,٤٧	٥٠	١١	٥١,٤٤	٤٣	١١	١٤,٣٩	٤٨	١١	٥٦,٩٨	١	٠	٠٥,٦٠	١٣	٠	٥١,٢٨	١٢	٠
١١,٧٤	٥٠	١١	٤٧,٦٠	٤٣	١١	٣٥,٠٩	٤٨	١١	٢٦,٢٣	٢	٠	١٦,٧٦	١٣	٠	٣٩,٨٧	١٢	٠
٥٢,٢٩	٤٩	١١	٤٤,٥٦	٤٣	١١	٥٧,٤٨	٤٨	١١	٥٥,٢٧	٢	٠	٢٧,٠٩	١٣	٠	٢٧,٩٣	١٢	٠
٣٣,١٤	٤٩	١١	٤٢,٣٢	٤٣	١١	٢٠,٠٤	٤٩	١١	٢٤,٠٧	٣	٠	٣٦,٥٩	١٣	٠	١٥,٤٩	١٢	٠
١٤,٣٠	٤٩	١١	٤٠,٨٩	٤٣	١١	٤٣,٢٦	٤٩	١١	٥٢,٥٨	٣	٠	٤٥,٢٦	١٣	٠	٠٢,٥٨	١٢	٠
٥٥,٨٠	٤٨	١١	٤٠,٢٧	٤٣	١١	٠٧,١١	٥٠	١١	٠٠,١٢	٤	٠	٥٣,١١	١٣	٠	٤٩,٢٢	١١	٠
٣٧,٦٥	٤٨	١١	٤٠,٤٨	٤٣	١١	٣١,٥٦	٥٠	١١	٢٨,٠٥	٤	٠	٠٠,١٥	١٤	٠	٣٥,٤٣	١١	٠
١٩,٨٨	٤٨	١١	٤١,٥٣	٤٣	١١	٥٦,٥٨	٥٠	١١	٥٥,٦٢	٤	٠	٠٦,٣٨	١٤	٠	٢١,٢٢	١١	٠
٠٢,٤٩	٤٨	١١	٤٣,٤١	٤٣	١١	٢٢,١٤	٥١	١١	٢٢,٨١	٥	٠	١١,٨١	١٤	٠	٠٦,٦٣	١١	٠
٤٥,٥٠	٤٧	١١	٤٦,١٣	٤٣	١١	٤٨,٢١	٥١	١١	٤٩,٥٨	٥	٠	١٦,٤٤	١٤	٠	٥١,٦٧	١٠	٠
٢٨,٩٤	٤٧	١١	٤٩,٦٩	٤٣	١١	١٤,٧٧	٥٢	١١	١٥,٩٠	٦	٠	٢٠,٢٩	١٤	٠	٣٦,٣٧	١٠	٠
١٢,٨٢	٤٧	١١	٥٤,١٠	٤٣	١١	٤١,٧٨	٥٢	١١	٤١,٧٦	٦	٠	٢٣,٣٥	١٤	٠	٢٠,٧٣	١٠	٠
٥٧,١٥	٤٦	١١	٥٩,٣٥	٤٣	١١	٠٩,٢٠	٥٣	١١	٠٧,١٤	٧	٠	٢٥,٦٣	١٤	٠	٠٤,٧٨	١٠	٠
٤١,٩٥	٤٦	١١	٠٥,٤٣	٤٤	١١	٣٧,٠٠	٥٣	١١	٣٢,٠٠	٧	٠	٢٧,١٤	١٤	٠	٤٨,٥٤	٠٩	٠
٢٧,٢٣	٤٦	١١	١٢,٣٥	٤٤	١١	٠٥,١٥	٥٤	١١	٥٦,٣٢	٧	٠	٢٧,٨٨	١٤	٠			
			٢٠,١٠	٤٤	١١				٢٠,٠٧	٨	٠	٢٧,٨٧	١٤	٠			

جدول

يعلم منه الاختلافات الواقعة بين أوقات غروب الشمس فى بعض

الشهور		ميل الشمس			نصف مدة الليل			زاوية الدائرتين السموتيتين المارتين بنقطتى غروبين متعاقبين — الفضل		التأخر اليومى للشمس الحقيقية			تأخر الشمس اليومى + ٣٦٠ ∓ الفضل بين نصفى ليلين متعاقبين —— يعنى مقدار دوران السماء مابين غروبين متعاقبين			اذادلت ساعة على ٢٤ ساعة بالضبط فى مدة دوران السماء مابين غروبى الشمس فى ٣٠ و ٣١ تموز فتدل على كم ساعة ودقيقة وثانية فى مدة دورانه مابين غروبين آخرين يعنى مايكون مقدار تقديمها أو تأخيرها		
اسامى	ايام	ثوانى	دقائق	درج	ثوانى	دقائق	درج	ثانيه	دقيقه	ثوانى	دقائق	درج	ثانيه	دقيقه	درجه	ثانيه	دقيقه	ساعه
مارت	٨	٤٣	٢	٠ ش	٣٨	٥٧	٨٩	٣٥	٢٠	٣٦	٥٤	٠٠	١١	١٥	٣٦١	٢٣	٢	٢٤
	٩	٢٤	٢٦	٠٠	٣	٣٧	٨٩											
	١٨	٢	٥٨	٣	٣٥	٣٢	٨٦	١٩	٢٠	٣٣	٥٤	٠٠	٥٢	١٤	٣٦١	٢٢	٢	٢٤
	١٩	١٥	٢١	٤	١٦	١٢	٨٦											
	٢٨	٥٥	٤٥	٧	٢٩	١١	٨٣	٥٠	١٩	٠٠	٥٥	٠٠	٥٠	١٤	٣٦١	٢٢	٢	٢٤
	٢٩	٦	٨	٨	٣٩	٥١	٨٢											
نيسان	٨	٣٦	٤١	١١	١٠	٣٨	٧٩	٤٩	١٨	١	٥٦	٠٠	٥٠	١٤	٣٦١	٢٢	٢	٢٤
	٩	٤٩	١	١٢	٢١	١٩	٧٩											
	١٨	٣٨	٥٥	١٤	٥٤	٣٥	٧٦	٢٥	١٧	١٣	٥٧	٠٠	٣٨	١٤	٣٦١	٢١	٢	٢٤
	١٩	٤٧	١٣	١٥	٢٩	١٨	٧٦											
	٢٨	١٢	٤٥	١٧	٥	٥٠	٧٣	١٥	١٥	٣٨	٥٨	٠٠	٥٣	١٣	٣٦١	١٨	٢	٢٤
	٢٩	٣٧	٠٠	١٨	٥٠	٣٤	٧٣											
مايس	٨	١٣	٥	٢٠	٣٨	٢٧	٧١	٣٨	١٢	٤	٠٠	١	٤٢	١٢	٣٦١	١٣	٢	٢٤
	٩	٢٥	١٧	٢٠	٠٠	١٥	٧١											
	١٨	٥	٥١	٢١	٤٣	٣٥	٦٩	١٣	٩	١٤	١	١	٢٧	١٠	٣٦١	٤	٢	٢٤
	١٩	٣٨	٥٩	٢١	٣٠	٢٦	٦٩											
	٢٨	٧	٥٩	٢٢	٣٣	٢١	٦٨	٥	٥	٥	٢	١	١٠	٧	٣٦١	٥١	١	٢٤
	٢٩	٤٤	٣	٢٣	٢٨	١٦	٦٨											
حزيران	٩	٣١	٢٧	٢٣	٣	٥٠	٦٧	٠٠	٠٠	٢٤	٢	١	٢٤	٢	٣٦١	٣٢	١	٢٤
	١٩	٥٤	٥	٢٣	٤	١٤	٦٨	٥٣	٤	٥٧	١	١	٤	٥٧	٣٦٠	١٠	١	٢٤
	٢٠	٢٩	١	٢٣	٥٧	١٨	٦٨											
	٢٩	٣	٤	٢٢	٤٤	٢١	٦٩	٥٨	٨	٤	١	١	٦	٥٢	٣٦٠	٥١	٠٠	٢٤
	٣٠	٤٤	٥٥	٢١	٤٢	٣٠	٦٩											
تموز	١٠	٢٦	١٢	٢٠	١١	٢٠	٧١	٤٦	١٢	٣٧	٥٩	٠٠	٥١	٤٦	٣٦٠	٣٠	٠٠	٢٤
	١١	١٠	٠٠	٢٠	٥٧	٣٢	٧١											
	٢٠	٢٥	٥٥	١٧	٣	٤٠	٧٣	٢٢	١٥	٦	٥٨	٠٠	٤٤	٤٢	٣٦٠	١٣	٠٠	٢٤
	٢١	٢	٤٠	١٧	٢٥	٥٥	٧٣											
	٣٠	١٢	٩	١٥	٥٣	٢٢	٧٦	١٨	١٧	٤٠	٥٦	٠٠	٢٢	٣٩	٣٦٠	٠٠	٠٠	٢٤
	٣١	٩	٥١	١٤	١١	٤٠	٧٦											
اغستوس	١٠	٢٧	٣٨	١١	٥٥	٤٠	٧٩	٤٦	١٨	١٧	٥٥	٠٠	٣١	٣٦	٣٦٠	٤٩	٥٩	٢٣
	١١	٥	١٨	١١	٤١	٥٩	٧٩											
	٢٠	٢٣	٧	٨	١٧	٥٢	٨٢	٣٥	١٩	٢٢	٥٤	٠٠	٤٧	٣٤	٣٦٠	٤٢	٥٩	٢٣
	٢١	٢٨	٤٥	٧	٥٢	١١	٨٣											
	٣٠	١٢	٢٣	٤	٣٣	١٠	٨٦	٦	٢٠	٥٥	٥٣	٠٠	٤٩	٣٣	٣٦٠	٣٨	٥٩	٢٣
	٣١	١٥	٠٠	٤	٣٩	٣٠	٨٦											

نمرة (٤)

أيام السنة وأوقاته فى الايام الاخرى بواسطة الساعات الغروبية

الشهور	أسامى الايام	ميل الشمس ثانيه	ميل الشمس دقيقه	ميل الشمس درجه	نصف مدة الليل ثانيه	نصف مدة الليل دقيقه	نصف مدة الليل درجه	زاوية الدائرتين السمويتين المارتين بنقطتى غروبين متعاقبين: الفضل ثانيه	الفضل دقيقه	التأخر اليومى للشمس الحقيقية ثانيه	دقيقه	درجه	تأخر الشمس اليومى + ٣٦٠ ∓ الفضل بين نصفى ليلين متعاقبين يعنى مقدار دوران السماء مابين غروبين متعاقبين ثانيه	دقيقه	دوجه	اذا دلت ساعة على ٢٤ ساعة بالضبط فى مدة دوران السماء مابين غروبى الشمس فى ٣٠ و ٣١ تموز فتدل على كم ساعة ودقيقة وثانية فى مدة دورانها مابين غروبين آخرين يعنى مايكون مقدار تقديم الساعة أو تأخيرها ثانيه	دقيقه	ساعه
أيلول	١٠	٥١	٧	ش٠	١٠	٥٣	٨١	٢١	٢٠	٥٦	٥٣	٠٠	٣٥	٣٣	٣٦٠	٣٧	٥٩	٢٣
	١١	٣٣	١٥	ج٠	٢٩	٤٦	٨٩											
	٢٠	٥٥	٤٥	٣	١١	٤٣	٨٦	١٩	٢٠	٣٠	٥٤	٠٠	١١	٣٤	٣٦٠	٤٠	٥٩	٢٣
	٢١	٩	٩	٤	٥٢	٢٢	٨٦											
	٣٠	٢٤	٣٥	٧	٥٠	٢٠	٨٣	٣	٢٠	١٦	٥٥	٠٠	١٣	٣٥	٣٦٠	٤٤	٥٩	٢٣
تشرين الاول	١	٥٣	٥٧	٧	٤٧	٠٠	٨٣											
	١١	٣٣	٣٥	١١	٣٥	٤٣	٧٩	١٦	١٩	١٧	٥٧	٠٠	١	٣٨	٣٦٠	٥٥	٥٩	٢٣
	١٢	٢٦	٥٦	١١	١٩	٢٤	٧٩											
	٢١	٣٠	٥٥	١٤	١	٣٦	٧٦	٥٩	١٧	٢٦	٥٩	٠٠	٢٧	٤١	٣٦٠	٨	٠٠	٢٤
	٢٢	١٥	١٤	١٥	٢	١٨	٧٦											
	٣١	١٠	٥١	١٧	١٨	٤٤	٧٣	١	١٦	١٩	١	١	١٨	٤٥	٣٦٠	٢٤	٠٠	٢٤
تشرين الثانى	١	٩	٧	١٨	١٧	٢٨	٧٣											
	١١	٢١	٢٨	٢٠	٣٤	٣	٧١	٤٤	١٢	٣٢	٣	١	٤٨	٥٠	٣٦٠	٤٥	٠٠	٢٤
	١٢	٢٩	٤٠	٢٠	٥٠	٥٠	٧٠											
	٢١	٤٠	١١	٢٢	٣١	١٣	٦٩	٤٦	٨	١٤	٥	١	٢٨	٥٦	٣٦٠	٨	١	٢٤
	٢٢	٤٢	١٩	٢٢	٤٥	٤	٦٩											
كانون الاول	١	١١	١٢	٢٣	٧	٧	٦٨	٥٧	٣	٢١	٦	١	٢٤	٢	٣٦١	٣٢	١	٢٤
	٢	٤٤	١٥	٢٣	١٠	٣	٦٨											
	٩	٣١	٢٧	٢٣	٣	٥٠	٦٧	٠٠	٠٠	٣٨	٦	١	٣٨	٦	٣٦١	٤٩	١	٢٤
	١٩	٢٣	٤	٢٣	٤٤	١٥	٦٨	٢٤	٥	١٤	٦	١	٣٨	١١	٣٦١	٩	٢	٢٤
	٢٠	٣٠	٥٩	٢٢	٨	٢١	٦٨											
	٢٩	١٢	٢	٢٢	٤٣	٢٣	٦٩	٤٣	٩	١١	٥	١	٥٤	١٤	٣٦١	٢٢	٢	٢٤
	٣٠	١٢	٥٣	٢١	٢٦	٣٣	٦٩											
كانون الثانى	١٠	١٥	٤٧	١٩	٢٠	٤٦	٧١	١٢	١٤	٩	٣	١	٢١	١٧	٣٦١	٣٢	٢	٢٤
	١١	٢٩	٣٣	١٩	٣٢	٠٠	٧٢											
	٢٠	١	١٤	١٧	١٥	٢١	٧٤	٥٢	١٦	٦	١	١	٥٨	١٧	٣٦١	٣٤	٢	٢٤
	٢١	٥٦	٥٦	١٦	٧	٢٨	٧٤											
	٣٠	٣٥	١٠	١٤	٤٩	١٨	٧٧	٤٠	١٨	٥	٥٩	٠٠	٤٥	١٧	٣٦١	٣٣	٢	٢٤
	٣١	٥١	٥٠	١٣	٢٩	٣٧	٧٧											
شباط	١٠	٥٤	٢١	١٠	٠٠	٥١	٨٠	٥٣	١٩	١٠	٥٧	٠٠	٣	١٧	٣٦١	٣١	٢	٢٤
	١١	١	٠٠	١٠	٥٣	١٠	٨١											
	٢٠	٦	٣٧	٦	٣٧	١٢	٨٤	٢٥	٢٠	٤٧	٥٥	٠٠	١٢	١٦	٣٦١	٢٧	٢	٢٤
	٢١	١	١٤	٦	٢	٣٣	٨٤											
	٢٨	٢٤	٣٠	٣	٤٥	٥٦	٨٦	٣٧	٢٠	٢	٥٥	٠٠	٣٩	١٥	٣٦١	٢٥	٢	٢٤
	٢٩	٤٨	٦	ج٣	٢٢	١٧	٨٧											

جدول نمرة (٥)

يشتمل على مايلزم لرسم خطوط ساعات بسيطة اليد الغروبية لعرض القسطنطينية °٤١

درجة الشمس (١) السرطان أو ٣٠ الجوزا فى ٩ حزيران وعرض البلده = °٤١

ميل الشمس = ٣٠″ ٢٧′ °٢٣ ونصف مدة النهار = ٠٩″ °١١٢ = ٧ سا ٢٧ قه

تمام ميل الشمس = ٣٠″ ٣٢′ °٦٦ وغاية الارتفاع = ٣٠″ ٢٧′ °٧٢

بعد الزوال: ساعات	بعد الزوال: فضل الدائر يعنى زوايا الساعات	بعد الزوال: ارتفاع الشمس	قبل الزوال: ساعات	قبل الزوال: فضل الدائر يعنى زوايا الساعات	قبل الزوال: ارتفاع الشمس
	° ′	° ′		° ′	° ′
١٢ ٠٠	١١٢ ٠٩	٠٠ ٠٠	٤ ٣٠	٠٠ ٢١	٧٢ ٢٦
١١ ٤٥	١٠٨ ٢٤	٠٢ ٢٧	٤ ١٥	٠٤ ٦	٧٢ ٥
١١ ٣٠	١٠٤ ٣٩	٠٤ ٥٧	٤ ٠٠	٠٧ ٥١	٧١ ١١
١١ ١٥	١٠٠ ٥٤	٠٧ ٣٠	٣ ٤٥	١١ ٣٦	٦٩ ٤٩
١١ ٠٠	٩٧ ٠٩	١٠ ٠٥	٣ ٣٠	١٥ ٢١	٦٨ ٦
١٠ ٤٥	٩٣ ٢٤	١٢ ٤٤	٣ ١٥	١٩ ٦	٦٦ ٦
١٠ ٣٠	٨٩ ٣٩	١٥ ٢٤	٣ ٠٠	٢٢ ٥١	٦٣ ٥٢
١٠ ١٥	٨٥ ٥٤	١٨ ٠٧	٢ ٤٥	٢٦ ٣٦	٦١ ٢٩
١٠ ٠٠	٨٢ ٠٩	٢٠ ٥١	٢ ٣٠	٣٠ ٢١	٥٨ ٥٨
٩ ٤٥	٧٨ ٢٤	٢٣ ٣٧	٢ ١٥	٢٤ ٦	٥٦ ٢٢
٩ ٣٠	٧٤ ٣٩	٢٦ ٢٤	٢ ٠٠	٣٧ ٥١	٥٣ ٤١
٩ ١٥	٧٠ ٥٤	٢٩ ١٢	١ ٤٥	٤١ ٣٦	٥٠ ٥٧
٩ ٠٠	٦٧ ٠٩	٣٢ ٠١	١ ٣٠	٤٥ ٢١	٤٨ ١١
٨ ٤٥	٦٣ ٢٤	٣٤ ٥٠	١ ١٥	٤٩ ٦	٤٥ ٢٣
٨ ٣٠	٥٩ ٣٩	٣٧ ٤٠	١ ٠٠	٥٢ ٥١	٤٢ ٢٤
٨ ١٥	٥٥ ٥٤	٤٠ ٣٠	٠ ٤٥	٥٦ ٣٦	٣٩ ٤٥
٨ ٠٠	٥٢ ٠٩	٤٣ ١٩	٠٠ ٣٠	٦٠ ٢١	٣٦ ٥٦
٧ ٤٥	٤٨ ٢٤	٤٦ ٠٨	٠٠ ١٥	٦٤ ٦	٣٤ ٥
٧ ٣٠	٤٤ ٣٩	٤٨ ٥٦	١٢ ٠٠	٦٧ ٥١	٣١ ١٦
٧ ١٥	٤٠ ٥٤	٥١ ٤٢	١١ ٤٥	٧١ ٣٦	٢٨ ٢٧
٧ ٠٠	٣٧ ٠٩	٥٤ ٢٤	١١ ٣٠	٧٥ ٢١	٢٥ ٣٩
٦ ٤٥	٣٣ ٢٤	٥٧ ٠٤	١١ ١٥	٧٩ ٦	٢٢ ٥٢
٦ ٣٠	٢٩ ٣٩	٥٩ ٣٩	١١ ٠٠	٨٢ ٥١	٢٠ ٧
٦ ١٥	٢٥ ٥٤	٦٢ ٠٨	١٠ ٤٥	٨٦ ٣٦	١٧ ٢٣
٦ ٠٠	٢٢ ٠٩	٦٤ ٢٩	١٠ ٣٠	٩٠ ٢١	١٤ ٤١
٥ ٤٥	١٧ ٢٤	٦٦ ٣٩	١٠ ١٥	٩٤ ٦	١٢ ١
٥ ٣٠	١٤ ٣٩	٦٨ ٣٥	١٠ ٠٠	٩٧ ٥١	٩ ٢٣
٥ ١٥	١٠ ٥٤	٧٠ ١٣	٩ ٤٥	١٠١ ٣٦	٦ ٤٩
٥ ٠٠	٠٧ ٠٩	٧١ ٢٨	٩ ٣٠	١٠٥ ٢١	٤ ١٧
٤ ٤٥	٠٣ ٢٤	٧٢ ١٤	٩ ١٥	١٠٩ ٦	١ ٤٨
			٩ ٠٤	١١٢ ٩	٠ ٠٠

العصر الاول	٣٧ ١٤
العصر الثانى	٢٣ ٢١
جهة القبله	٧٠ ٢٨
وقت صلاة العيد (لا يتغير)	٠٥ ٠٠

(١٠′ °٢٦) انحراف القبلة من الجنوب الى الشرق

جدول نمرة (٦)

درجة الشمس (١) الاسد أو (٣٠) الثور يوم ١١ شهر تموز او (٨) مايس

نصف مدّة النهار = (ساعة ٧ دقيقة ١٤) = (١٠٨° ٢٧′)

(ميل الشمس الشمالى = ٢٠° ٠٠′ ١٠″) (تمام ميل الشمس = ٦٩° ٥٩′ ٥٠″)

(غاية ارتفاع الشمس = ٦٩° ٠٠′ ١٠″)

بعد الزوال — ساعات	بعد الزوال — فضل الدائر يعنى زوايا الساعات	بعد الزوال — ارتفاع الشمس	قبل الزوال — ساعات	قبل الزوال — فضل الدائر يعنى زوايا الساعات	قبل الزوال — ارتفاع الشمس
١٢ ٠٠	١٠٨° ٢٧′	٠٠° ٠٠′	٠٤ ٤٥	٠٠° ١٨′	٦٩° ٠٠′
١١ ٤٥	١٠٤ ٤٢	٠٢ ٣٣	٠٤ ٣٠	٠٤ ٠٣	٦٨ ٤٣
١١ ٣٠	١٠٠ ٥٧	٠٥ ٠٩	٠٤ ١٥	٠٧ ٤٨	٦٧ ٥٩
١١ ١٥	٩٧ ١٢	٠٧ ٤٧	٠٤ ٠٠	١١ ٣٣	٦٦ ٤٩
١١ ٠٠	٩٣ ٢٧	١٠ ٢٨	٠٣ ٤٥	١٥ ١٨	٦٥ ١٨
١٠ ٤٥	٨٩ ٤٢	١٣ ١١	٠٣ ٣٠	١٩ ٠٣	٦٣ ٢٩
١٠ ٣٠	٨٥ ٥٧	١٥ ٥٦	٠٣ ١٥	٢٢ ٤٨	٦١ ٢٦
١٠ ١٥	٨٢ ١٢	١٨ ٤٢	٠٣ ٠٠	٢٦ ٣٣	٥٩ ١٠
١٠ ٠٠	٧٨ ٢٧	٢١ ٣٠	٠٢ ٤٥	٣٠ ١٨	٥٦ ٤٨
٠٩ ٤٥	٧٤ ٤٢	٢٤ ١٨	٠٢ ٣٠	٣٤ ٠٣	٥٤ ١٨
٠٩ ٣٠	٧٠ ٥٧	٢٧ ٠٧	٠٢ ١٥	٣٧ ٤٨	٥١ ٤٢
٠٩ ١٥	٦٧ ١٢	٢٩ ٥٧	٠٢ ٠٠	٤١ ٣٣	٤٩ ٠٢
٠٩ ٠٠	٦٣ ٢٧	٣٢ ٤٧	٠١ ٤٥	٤٥ ١٨	٤٦ ١٩
٠٨ ٤٥	٥٩ ٤٢	٣٥ ٣٦	٠١ ٣٠	٤٩ ٠٣	٤٣ ٣٦
٠٨ ٣٠	٥٥ ٥٧	٣٨ ٢٦	٠١ ١٥	٥٢ ٤٨	٤٠ ٤٧
٠٨ ١٥	٥٢ ١٢	٤١ ١٤	٠١ ٠٠	٥٦ ٣٣	٣٧ ٥٩
٠٨ ٠٠	٤٨ ٢٧	٤٤ ٠١	٠٠ ٤٥	٦٠ ١٨	٣٥ ١٠
٠٧ ٤٥	٤٤ ٤٢	٤٦ ٤٦	٠٠ ٣٠	٦٤ ٠٣	٣٢ ٢٠
٠٧ ٣٠	٤٠ ٥٧	٤٩ ٢٨	٠٠ ١٥	٦٧ ٤٨	٢٩ ٣٠
٠٧ ١٥	٣٧ ١٢	٥٢ ٠٧	١٢ ٠٠	٧١ ٣٣	٢٦ ٤٠
٠٧ ٠٠	٣٣ ٢٧	٥٤ ٤٢	١١ ٤٥	٧٥ ١٨	٢٣ ٥١
٠٦ ٤٥	٢٩ ٤٢	٥٧ ١١	١١ ٣٠	٧٩ ٠٣	٢١ ٠٣
٠٦ ٣٠	٢٥ ٥٧	٥٩ ٣٣	١١ ١٥	٨٢ ٤٨	١٨ ١٥
٠٦ ١٥	٢٢ ١٢	٦١ ٤٦	١١ ٠٠	٨٦ ٣٣	١٥ ٣٠
٠٦ ٠٠	١٨ ٢٧	٦٣ ٤٧	١٠ ٤٥	٩٠ ١٨	١٢ ٤٥
٠٥ ٤٥	١٤ ٤٢	٦٥ ٣٣	١٠ ٣٠	٩٤ ٠٣	١٠ ٠٣
٠٥ ٣٠	١٠ ٥٧	٦٧ ٠١	١٠ ١٥	٩٧ ٤٨	٠٧ ٢٢
٠٥ ١٥	٠٧ ١٢	٦٨ ٠٦	١٠ ٠٠	١٠١ ٣٣	٠٤ ٤٤
٠٥ ٠٠	٠٣ ٢٧	٦٨ ٤٩	٠٩ ٤٥	١٠٥ ١٨	٠٢ ٠٨
العصر الاوّل		٣٥ ٥١	٠٩ ٣٢	١٠٨ ٢٧	٠٠ ٠٠
العصر الثانى		٢٢ ٤٥	جهة القبلة		٦٦ ٤٣

جدول نمرة (٧)

درجة الشمس ١٥ الاسد أو الثور يوم ٢٦ شهر تموز و ٢٣ نيسان

نصف مدة النهار = ٥٩ق ٦سا = ١٠٤° ٤٥′

ميل الشمس الشمالى = ٥٠″ ١٨′ ١٦° وتمام ميل الشمس = ١٠″ ٤١′ ٧٣°

غاية ارتفاع الشمس = ٥٠″ ١٨′ ٦٥°

بعد الزوال			قبل الزوال		
ساعات	زوايا الساعات	ارتفاع الشمس	ساعات	زوايا الساعات	ارتفاع الشمس
١٢ ..	١٠٤° ٤٥′	٠٠° ٠٠′	٥ ..	..° ١٥′	٦٥° ١٨′
١١ ٤٥	١٠١ ٠٠	٢ ٣٨	٤ ٤٥	٤ ..	٦٥ ٤
١١ ٣٠	٩٧ ١٥	٥ ٢٠	٤ ٣٠	٧ ٤٥	٦٤ ٢٥
١١ ١٥	٩٣ ٣٠	٨ ٣	٤ ١٥	١١ ٣٠	٦٣ ٢٣
١١ ..	٨٩ ٤٥	١٠ ٤٨	٤ ..	١٥ ١٥	٦٢ ١
١٠ ٤٥	٨٦ ٠٠	١٣ ٣٥	٣ ٤٥	١٩ ..	٦٠ ٢٢
١٠ ٣٠	٨٢ ١٥	١٦ ٢٣	٣ ٣٠	٢٢ ٤٥	٥٨ ٢٨
١٠ ١٥	٧٨ ٣٠	١٩ ١١	٣ ١٥	٢٦ ٣٠	٥٦ ٢٢
١٠ ٠٠	٧٤ ٤٥	٢١ ٥٩	٣ ..	٣٠ ١٥	٥٤ ٦
٩ ٤٥	٧١ ٠٠	٢٤ ٥٠	٢ ٤٥	٣٤ ..	٥١ ٤٢
٩ ٣٠	٦٧ ١٥	٢٧ ٤٠	٢ ٣٠	٣٧ ٤٥	٤٩ ١٢
٩ ١٥	٦٣ ٣٠	٣٠ ٣٠	٢ ١٥	٤١ ٣٠	٤٦ ٣٧
٩ ٠٠	٥٩ ٤٥	٣٣ ١٩	٢ ..	٤٥ ١٥	٤٣ ٥٨
٨ ٤٥	٥٦ ٠٠	٣٦ ٧	١ ٤٥	٤٩ ..	٤١ ١٦
٨ ٣٠	٥٢ ١٥	٣٨ ٥٣	١ ٣٠	٥٢ ٤٥	٣٨ ٣٣
٨ ١٥	٤٨ ٣٠	٤١ ٣٧	١ ١٥	٥٦ ٣٠	٣٥ ٤٨
٨ ٠٠	٤٤ ٤٥	٤٤ ١٩	١ ..	٦٠ ١٥	٣٣ ١
٧ ٤٥	٤١ ٠٠	٤٦ ٥٨	.. ٤٥	٦٤ ..	٣٠ ١٢
٧ ٣٠	٣٧ ١٥	٤٩ ٣٣	.. ٣٠	٦٧ ٤٥	٢٧ ٢٠
٧ ١٥	٣٣ ٣٠	٥٢ ٢	.. ١٥	٧١ ٣٠	٢٤ ٢٦
٧ ٠٠	٢٩ ٤٥	٥٤ ٢٥	١٢ ..	٧٥ ١٥	٢١ ٣٧
٦ ٤٥	٢٦ ٠٠	٥٦ ٣٩	١١ ٤٥	٧٩ ..	١٨ ٤٨
٦ ٣٠	٢٢ ١٥	٥٨ ٤٣	١١ ٣٠	٨٢ ٤٥	١٦ ..
٦ ١٥	١٨ ٣٠	٦٠ ٣٦	١١ ١٥	٨٦ ٣٠	١٣ ١٢
٦ ٠٠	١٤ ٤٥	٦٢ ١٣	١١ ..	٩٠ ١٥	١٠ ٢٦
٥ ٤٥	١١ ٠٠	٦٣ ٣٤	١٠ ٤٥	٩٤ ..	٠٧ ٤١
٥ ٣٠	٧ ١٥	٦٤ ٣٢	١٠ ٣٠	٩٧ ٤٥	٠٤ ٥٨
٥ ١٥	٣ ٣٠	٦٥ ٨	١٠ ١٥	١٠١ ٣٠	٠٢ ١٧
العصر الاول		٣٤ ٢٥	١٠ ٠٢	١٠٤ ٤٥	٠٠ ..
العصر الثانى		٢٢ ٧	جهة القبلة		٦٢ ٤٢

جدول نمرة (٨)

درجة الشمس (١) السنبله أو ٣٠ الحمل فى ١١ اغستوس و ٨ نيسان

نصف مدة النهار = ٦ ٤٠ . ٠٠ = ١٠٠ ٠٠ وميل الشمس = ١١ ١٨ شمالية

تمام ميل الشمس = ٧٨ ٤٢ وغاية الارتفاع = ٦٠ ١٨

بعد الزوال			قبل الزوال		
ساعات	زوايا الساعات	ارتفاع الشمس	ساعات	زوايا الساعات	ارتفاع الشمس
١٢ ٠٠	١٠٠ ٠٠	٠٠ ٠٠	٥ ١٥	١ ١٥	٦٠ ١٧
١١ ٤٥	٩٦ ١٥	٦ ٤٥	٥ ٠٠	٥ ٠٠	٥٩ ٥٨
١١ ٣٠	٩٢ ٣٠	٥ ٣١	٤ ٤٥	٨ ٤٥	٥٩ ١٩
١١ ١٥	٨٨ ٤٥	٨ ١٩	٤ ٣٠	١٢ ٣٠	٥٨ ٢٠
١١ ٠٠	٨٥ ٠٠	١١ ٨	٤ ١٥	١٦ ١٥	٥٧ ٧
١٠ ٤٥	٨١ ١٥	١٣ ٥٨	٤ ٠٠	٢٠ ٠٠	٥٥ ٣٠
١٠ ٣٠	٧٧ ٣٠	١٦ ٤٨	٣ ٤٥	٢٣ ٤٥	٥٣ ٤٢
١٠ ١٥	٧٣ ٤٥	١٩ ٣٧	٣ ٣٠	٢٧ ٣٠	٥١ ٤٣
١٠ ٠٠	٧٠ ٠٠	٢٢ ٢٦	٣ ١٥	٣١ ١٥	٤٩ ٣٠
٩ ٤٥	٦٦ ١٥	٢٥ ١٥	٣ ٠٠	٣٥ ٠٠	٤٧ ١٧
٩ ٣٠	٦٢ ٣٠	٢٨ ٣	٢ ٤٥	٣٨ ٤٥	٤٤ ٥٣
٩ ١٥	٥٨ ٤٥	٣٠ ٤٩	٢ ٣٠	٤٢ ٣٠	٤٢ ٢١
٩ ٠٠	٥٥ ٠٠	٣٣ ٣٤	٢ ١٥	٤٦ ١٥	٣٩ ٤٩
٨ ٤٥	٥١ ١٥	٣٦ ١٧	٢ ٠٠	٥٠ ٠٠	٣٧ ١٠
٨ ٣٠	٤٧ ٣٠	٣٨ ٥٧	١ ٤٥	٥٣ ٤٥	٣٤ ٢٧
٨ ١٥	٤٣ ٤٥	٤١ ٣٣	١ ٣٠	٥٧ ٣٠	٣١ ٤٥
٨ ٠٠	٤٠ ٠٠	٤٤ ٤	١ ١٥	٦١ ١٥	٢٨ ٥٨
٧ ٤٥	٣٦ ١٥	٤٦ ٣٠	١ ٠٠	٦٥ ٠٠	٢٦ ١٠
٧ ٣٠	٣٢ ٣٠	٤٨ ٥٠	٠ ٤٥	٦٨ ٤٥	٢٣ ٢٢
٧ ١٥	٢٨ ٤٥	٥١ ٣	٠ ٣٠	٧٢ ٣٠	٢٠ ٣٣
٧ ٠٠	٢٥ ٠٠	٥٣ ٥	٠ ١٥	٧٦ ١٥	١٧ ٤٤
٦ ٤٥	٢١ ١٥	٥٤ ٥٥	١٢ ٠٠	٨٠ ٠٠	١٤ ٥٤
٦ ٣٠	١٧ ٣٠	٥٦ ٣٣	١١ ٤٥	٨٣ ٤٥	١٢ ٤
٦ ١٥	١٣ ٤٥	٥٧ ٥٦	١١ ٣٠	٨٧ ٣٠	٩ ١٥
٦ ٠٠	١٠ ٠٠	٥٩ ١	١١ ١٥	٩١ ١٥	٦ ٢٧
٥ ٤٥	٦ ١٥	٥٩ ٤٨	١١ ٠٠	٩٥ ٠٠	٣ ٤١
٥ ٣٠	٢ ٣٠	٦٠ ١٣	١٠ ٤٥	٩٨ ٤٥	٠٠ ٥٥
العصر الاول		٣٢ ٢٩	١٠ ٤٠	١٠٠ ٠٠	٠٠ ٠٠
العصر الثانى		٢١ ١٥	جهة القبلة		٥٧ ١٧

جدول نمرة (٩)

درجة الشمس ١٥ السنبلة أو ١٥ الحمل فى ٢٦ اغستوس و ٢٣ مارث

عرض البلد = ٤١° ونصف مدة النهار = ٢١ ق ٦ سا = ٩′ ٩٥°

(ميل الشمس = ٥٤′ ٥° شمالية) (تمام ميل الشمس = ٦′ ٨٤°)

(غاية الارتفاع = ٥٤′ ٥٤°)

بعد الزوال			قبل الزوال		
ساعات	زوايا الساعات	ارتفاع الشمس	ساعات	زوايا الساعات	ارتفاع الشمس
	° ′	° ′		° ′	° ′
١٢ ٠٠	٩٥ ٠٩	٠ ٠٠	٥ ٣٠	٢ ٢١	٥٤ ٤٦
١١ ٤٥	٩١ ٢٤	٢ ٤٩	٥ ١٥	٦ ٦	٥٤ ٢٩
١١ ٣٠	٨٧ ٣٩	٥ ٣٨	٥ ٠٠	٩ ٥١	٥٣ ٤٩
١١ ١٥	٨٣ ٥٤	٨ ٢٨	٤ ٤٥	١٣ ٣٦	٥٢ ٥١
١١ ٠٠	٨٠ ٩	١١ ١٨	٤ ٣٠	١٧ ٢١	٥١ ٣٨
١٠ ٤٥	٧٦ ٢٤	١٤ ٧	٤ ١٥	٢١ ٦	٥٠ ٩
١٠ ٣٠	٧٢ ٣٩	١٦ ٥٦	٤ ٠٠	٢٤ ٥١	٤٨ ٢٨
١٠ ١٥	٦٨ ٥٤	١٩ ٤٤	٣ ٤٥	٢٨ ٣٦	٤٦ ٣٦
١٠ ٠٠	٦٥ ٩	٢٢ ٣١	٣ ٣٠	٣٢ ٢١	٤٤ ٣٣
٩ ٤٥	٦١ ٢٤	٢٥ ١٦	٣ ١٥	٣٦ ٦	٤٢ ٢٢
٩ ٣٠	٥٧ ٣٩	٢٧ ٥٩	٣ ٠٠	٣٩ ٥١	٤٠ ٤
٩ ١٥	٥٣ ٥٤	٣٠ ٣٩	٢ ٤٥	٤٣ ٣٦	٣٧ ٤٠
٩ ٠٠	٥٠ ٩	٣٣ ١٦	٢ ٣٠	٤٧ ٢١	٣٥ ١٠
٨ ٤٥	٤٦ ٢٤	٣٥ ٤٩	٢ ١٥	٥١ ٦	٣٢ ٣٦
٨ ٣٠	٤٢ ٣٩	٣٨ ١٧	٢ ٠٠	٥٤ ٥١	٢٩ ٥٨
٨ ١٥	٣٨ ٥٤	٤٠ ٤٠	١ ٤٥	٥٨ ٣٦	٢٧ ١٨
٨ ٠٠	٣٥ ٩	٤٢ ٥٧	١ ٣٠	٦٢ ٢١	٢٤ ٣٤
٧ ٤٥	٣١ ٢٤	٤٥ ٦	١ ١٥	٦٦ ٦	٢١ ٤٨
٧ ٣٠	٢٧ ٣٩	٤٧ ٥	١ ٠٠	٦٩ ٥١	١٩ ١
٧ ١٥	٢٣ ٥٤	٤٨ ٥٤	٠ ٤٥	٧٣ ٣٦	١٦ ١٣
٧ ٠٠	٢٠ ٩	٥٠ ٣٣	٠ ٣٠	٧٧ ٢١	١٣ ٢٤
٦ ٤٥	١٦ ٢٤	٥١ ٥٨	٠ ١٥	٨١ ٦	١٠ ٣٥
٦ ٣٠	١٢ ٣٩	٥٣ ٨	١٢ ٠٠	٨٤ ٥١	٧ ٤٥
٦ ١٥	٨ ٥٤	٥٤ ١	١١ ٤٥	٨٨ ٣٦	٤ ٥٥
٦ ٠٠	٥ ٩	٥٤ ٣٦	١١ ٣٠	٩٢ ٢١	٢ ٦
٥ ٤٥	١ ٢٤	٥٤ ٥٣	١١ ١٨	٩٥ ٩	٠ ٠٠
العصر الاول	٢٥ ٣٠				
العصر الثانى	١٨ ٢٠		جهة القبلة		١٠ ٥٠

جدول نمرة (١٠)

درجة الشمس (١) الميزان أو ٣٠ الحوت فى ١٠ ايلول و ٨ مارث وعرض البلده × ٤١°

نصف مدة النهار = ٩٠° = ٦ ساعات

ميل الشمس = ٠٠ ٠٠ وتمام ميل الشمس = ٩٠° وغاية الارتفاع = ٤٩°

بعد الزوال			قبل الزوال		
ساعات	زوايا الساعات	ارتفاع الشمس	ساعات	زوايا الساعات	ارتفاع الشمس
١٢ ٠٠	٩٠° ٠٠'	٠٠° ٠٠'	٦ ٠٠	٠٠° ٠٠'	٤٩° ٠٠'
١١ ٤٥	٨٦ ١٥	٢ ٥٠	٥ ٤٥	٣ ٤٥	٤٨ ٥١
١١ ٣٠	٨٢ ٣٠	٥ ٣٩	٥ ٣٠	٧ ٣٠	٤٨ ٢٦
١١ ١٥	٧٨ ٤٥	٨ ٢٨	٥ ١٥	١١ ١٥	٤٧ ٤٥
١١ ٠٠	٧٥ ٠٠	١١ ١٦	٥ ٠٠	١٥ ٠٠	٤٦ ٤٨
١٠ ٤٥	٧١ ١٥	١٤ ٠٢	٤ ٤٥	١٨ ٤٥	٤٥ ٣٧
١٠ ٣٠	٦٧ ٣٠	١٦ ٤٧	٤ ٣٠	٢٢ ٣٠	٤٤ ١٢
١٠ ١٥	٦٣ ٤٥	١٩ ٣٠	٤ ١٥	٢٦ ١٥	٤٢ ٣٦
١٠ ٠٠	٦٠ ٠٠	٢٢ ١٠	٤ ٠٠	٣٠ ٠٠	٤٠ ٤٩
٩ ٤٥	٥٦ ١٥	٢٤ ٤٧	٣ ٤٥	٣٣ ٤٥	٣٨ ٥٢
٩ ٣٠	٥٢ ٣٠	٢٧ ٢١	٣ ٣٠	٣٧ ٣٠	٣٦ ٤٧
٩ ١٥	٤٨ ٤٥	٢٩ ٥٠	٣ ١٥	٤١ ١٥	٣٤ ٣٤
٩ ٠٠	٤٥ ٠٠	٣٢ ١٥	٣ ٠٠	٤٥ ٠٠	٣٢ ١٥
٨ ٤٥	٤١ ١٥	٣٤ ٣٤	٢ ٤٥	٤٨ ٤٥	٢٩ ٥٠
٨ ٣٠	٣٧ ٣٠	٣٦ ٤٧	٢ ٣٠	٥٢ ٣٠	٢٧ ٢١
٨ ١٥	٣٣ ٤٥	٣٨ ٥٢	٢ ١٥	٥٦ ١٥	٢٤ ٤٧
٨ ٠٠	٣٠ ٠٠	٤٠ ٤٩	٢ ٠٠	٦٠ ٠٠	٢٢ ١٠
٧ ٤٥	٢٦ ١٥	٤٢ ٣٦	١ ٤٥	٦٣ ٤٥	١٩ ٣٠
٧ ٣٠	٢٢ ٣٠	٤٤ ١٢	١ ٣٠	٦٧ ٣٠	١٦ ٤٧
٧ ١٥	١٨ ٤٥	٤٥ ٣٧	١ ١٥	٧١ ١٥	١٤ ٢
٧ ٠٠	١٥ ٠٠	٤٦ ٤٨	١ ٠٠	٧٥ ٠٠	١١ ١٦
٦ ٤٥	١١ ١٥	٤٧ ٤٥	٠ ٤٥	٧٨ ٤٥	٨ ٢٨
٦ ٣٠	٧ ٣٠	٤٨ ٢٦	٠ ٣٠	٨٢ ٣٠	٥ ٣٩
٦ ١٥	٣ ٤٥	٤٨ ٥١	٠ ١٥	٨٦ ١٥	٢ ٥٠
٦ ٠٠	٠٠ ٠٠	٤٩ ٠٠	١٢ ٠٠	٩٠ ٠٠	٠٠ ٠٠
العصر الاول		٢٨ ٠٣	جهة القبلة		٤٥ ٠٨
العصر الثانى		١٩ ١٣			

جدول نمرة (١١)

درجة الشمس ١٥ الميزان أو ١٥ الحوت فى ٢٦ ايلول و ٢٠ شباط وعرض البلد = ٤١°

نصف مدة النهار = قـ٥ـه ٣٨ ساعات = ٨٤° ٤١′

ميل الشمس = ٤′ ٩° جنوبية وتمام ميل الشمس = ٥٦′ ٨٣° وغاية الارتفاع = ٥٦′ ٤٢°

بعد الزوال: ساعات	بعد الزوال: زوايا الساعات	بعد الزوال: ارتفاع الشمس	قبل الزوال: ساعات	قبل الزوال: زوايا الساعات	قبل الزوال: ارتفاع الشمس
١٢ ٠٠	٨٤° ٤١′	٠٠° ٠٠′	٦ ١٥	١° ٣٤′	٤٢° ٥٥′
١١ ٤٥	٨٠ ٥٦	٢ ٤٨	٦ ٠٠	٥ ١٩	٤٢ ٤١
١١ ٣٠	٧٧ ١١	٥ ٣٤	٥ ٤٥	٩ ٤	٤٢ ١٣
١١ ١٥	٧٣ ٢٦	٨ ١٩	٥ ٣٠	١٢ ٤٩	٤١ ٣٠
١١ ٠٠	٦٩ ٤١	١١ ٢	٥ ١٥	١٦ ٣٤	٤٠ ٣٣
١٠ ٤٥	٦٥ ٥٦	١٣ ٤٢	٥ ٠٠	٢٠ ١٩	٣٩ ٢٤
١٠ ٣٠	٦٢ ١١	١٦ ١٩	٤ ٤٥	٢٤ ٤	٣٨ ٣
١٠ ١٥	٥٨ ٢٦	١٨ ٥٣	٤ ٣٠	٢٧ ٤٩	٣٦ ٣٠
١٠ ٠٠	٥٤ ٤١	٢١ ٢٣	٤ ١٥	٣١ ٣٤	٣٤ ٤٧
٩ ٤٥	٥٠ ٥٦	٢٣ ٤٨	٤ ٠٠	٣٥ ١٩	٣٢ ٥٥
٩ ٣٠	٤٧ ١١	٢٦ ٨	٣ ٤٥	٣٩ ٤	٣٠ ٥٥
٩ ١٥	٤٣ ٢٦	٢٨ ٢٣	٣ ٣٠	٤٢ ٤٩	٢٨ ٤٧
٩ ٠٠	٣٩ ٥١	٣٠ ٣٢	٣ ١٥	٤٦ ٣٤	٢٦ ٣٣
٨ ٤٥	٣٥ ٥٦	٣٢ ٣٤	٣ ٠٠	٥٠ ١٩	٢٤ ١٤
٨ ٣٠	٣٢ ١١	٣٤ ٢٧	٢ ٤٥	٥٤ ٤	٢١ ٤٩
٨ ١٥	٢٨ ٢٦	٣٦ ١٢	٢ ٣٠	٥٧ ٤٩	١٩ ٢٠
٨ ٠٠	٢٤ ٤١	٣٧ ٤٧	٢ ١٥	٦١ ٣٤	١٦ ٤٧
٧ ٤٥	٢٠ ٥٦	٣٩ ١٠	٢ ٠٠	٦٥ ١٩	١٤ ١٠
٧ ٣٠	١٧ ١١	٤٠ ٢١	١ ٤٥	٦٩ ٤	١١ ٣٠
٧ ١٥	١٣ ٢٦	٤١ ٢١	١ ٣٠	٧٢ ٤٩	٨ ٤٨
٧ ٠٠	٩ ٤١	٤٢ ٦	١ ١٥	٧٦ ٣٤	٦ ٤
٦ ٤٥	٥ ٥٦	٤٢ ٣٧	١ ٠٠	٨٠ ١٩	٣ ١٨
٦ ٣٠	٢ ١١	٤٢ ٥٤	٠ ٤٥	٨٤ ٤	٠ ٣٠
العصر الاول		٢٥ ٤٤	٠ ٤٤	٨٤ ٤٩	٠ ٠٠
العصر الثانى		١٨ ٠١	جهة القبلة		٣٨ ٣٧

جدول نمرة (١٢)

درجة الشمس ١ العقرب أو ٣٠ الدلو فى ١١ تشرين الاول و ٦ شباط

عرض البلد = ٤١° نصف مدة النهار = ١٩ ٥ (سا ق ه) = ٧٩° ٤٣′

ميل الشمس = ١١° ٣٥′ جنوبية تمام ميل الشمس = ٧٨° ٢٥′

غاية الارتفاع = ٣٧° ٢٥′

بعد الزوال			قبل الزوال		
ساعات	زوايا الساعات	ارتفاع الشمس	ساعات	زوايا الساعات	ارتفاع الشمس
١٢ ٠٠	٧٩° ٤٣′	٠٠° ٠٠′	٦ ٣٠	٢° ٤٧′	٣٧° ٢١′
١١ ٤٥	٧٥ ٥٨	٢ ٤٣	٦ ١٥	٦٠ ٣٢	٣٧ ٤
١١ ٣٠	٧٢ ١٣	٥ ٢٤	٦ ٠٠	١٠ ١٧	٣٦ ٣٤
١١ ١٥	٦٨ ٢٨	٨ ٢	٥ ٤٥	١٤ ٢	٣٥ ٥٠
١١ ٠٠	٦٤ ٤٣	١٠ ٣٦	٥ ٣٠	١٧ ٤٧	٣٤ ٥٤
١٠ ٤٥	٦٠ ٥٨	١٣ ٨	٥ ١٥	٢١ ٣٢	٣٣ ٤٦
١٠ ٣٠	٥٧ ١٣	١٥ ٣٥	٥ ٠٠	٢٥ ١٧	٣٢ ٢٨
١٠ ١٥	٥٣ ٢٨	١٧ ٥٨	٤ ٤٥	٢٩ ٢	٣٠ ٥٩
١٠ ٠٠	٤٩ ٤٣	٢٠ ١٦	٤ ٣٠	٣٢ ٤٧	٢٩ ٢٠
٩ ٤٥	٤٥ ٥٨	٢٢ ٢٨	٤ ١٥	٣٦ ٣٢	٢٧ ٣٢
٩ ٣٠	٤٢ ١٣	٢٤ ٣٤	٤ ٠٠	٤٠ ١٧	٢٥ ٣٦
٩ ١٥	٣٨ ٢٨	٢٦ ٣٣	٣ ٤٥	٤٤ ٢	٢٣ ٣٤
٩ ٠٠	٣٤ ٤٣	٢٨ ٢٥	٣ ٣٠	٤٧ ٤٧	٢١ ٢٥
٨ ٤٥	٣٠ ٥٨	٣٠ ٩	٣ ١٥	٥١ ٣٢	١٩ ١٠
٨ ٣٠	٢٧ ١٣	٣١ ٤٣	٣ ٠٠	٥٥ ١٧	١٦ ٤٩
٨ ١٥	٢٣ ٢٨	٣٣ ٧	٢ ٤٥	٥٩ ٢	١٤ ٢٤
٨ ٠٠	١٩ ٤٣	٣٤ ٢١	٢ ٣٠	٦٢ ٤٧	١١ ٥٥
٧ ٤٥	١٥ ٥٨	٣٥ ٢٣	٢ ١٥	٦٦ ٣٢	٩ ٢٢
٧ ٣٠	١٢ ١٣	٣٦ ١٤	٢ ٠٠	٧٠ ١٧	٦ ٤٥
٧ ١٥	٨ ٢٨	٣٦ ٥٠	١ ٤٥	٧٤ ٢	٤ ٦
٧ ٠٠	٤ ٤٣	٣٧ ١٤	١ ٣٠	٧٧ ٤٧	١ ٢٥
٦ ٤٥	٠٠ ٥٨	٣٧ ٢٤	١ ٢٢	٧٩ ٤٣	٠٠ ٠٠
العصر الاول		٢٣ ٢٦			
العصر الثانى		١٦ ٥٠	جهة القبلة		٣٢ ٤١

جدول نمرة (١٣)

درجة الشمس ١٥ العقرب او ١٥ الدلو في ٢٦ تشرين الاول و ٢٢ كانون الثاني

عرض البلد = ٤١° ونصف مدة النهار = ٥ سا ٠١ قه = ٧٥° ٠٨′

ميل الشمس = ١٦° ٢٧′ جنوبية وتمام ميل الشمس = ٧٣° ٣٣′ وغاية الارتفاع = ٣٢° ٣٣′

بعد الزوال			قبل الزوال		
ساعات	زوايا الساعات	ارتفاع الشمس	ساعات	زوايا الساعات	ارتفاع الشمس
١٢ ٠٠	٧٥° ٠٨′	٠° ٠٠′	٦ ٤٥	٣° ٣٧′	٣٢° ٢٧′
١١ ٤٥	٧١ ٢٣	٢ ٣٦	٦ ٣٠	٧ ٢٢	٣٢ ٨
١١ ٣٠	٦٧ ٣٨	٥ ٩	٦ ١٥	١١ ٠٧	٣١ ٣٨
١١ ١٥	٦٣ ٥٣	٧ ٣٨	٦ ٠٠	١٤ ٥٢	٣٠ ٥٥
١١ ٠٠	٦٠ ٨	١٠ ٣	٥ ٤٥	١٨ ٣٧	٣٠ ١
١٠ ٤٥	٥٦ ٢٣	١٢ ٢٤	٥ ٣٠	٢٢ ٢٢	٢٨ ٥٦
١٠ ٣٠	٥٢ ٣٨	١٤ ٤١	٥ ١٥	٢٦ ٠٧	٢٧ ٣٩
١٠ ١٥	٤٨ ٥٣	١٦ ٥٢	٥ ٠٠	٢٩ ٥٢	٢٦ ١٣
١٠ ٠٠	٤٥ ٨	١٨ ٥٧	٤ ٤٥	٣٣ ٣٧	٢٤ ٣٨
٩ ٤٥	٤١ ٢٣	٢٠ ٥٦	٤ ٣٠	٣٧ ٢٢	٢٢ ٥٥
٩ ٣٠	٣٧ ٣٨	٢٢ ٤٨	٤ ١٥	٤١ ٠٧	٢١ ٤
٩ ١٥	٣٣ ٥٣	٢٤ ٣٢	٤ ٠٠	٤٤ ٥٢	١٩ ٨
٩ ٠٠	٣٠ ٨	٢٦ ٧	٣ ٤٥	٤٨ ٣٧	١٧ ١
٨ ٤٥	٢٦ ٢٣	٢٧ ٣٣	٣ ٣٠	٥٢ ٢٢	١٤ ٤٩
٨ ٣٠	٢٢ ٣٨	٢٨ ٥٠	٣ ١٥	٥٦ ٠٧	١٢ ٣٣
٨ ١٥	١٨ ٥٣	٢٩ ٥٧	٣ ٠٠	٥٩ ٥٢	١٠ ١٢
٨ ٠٠	١٥ ٨	٣٠ ٥٢	٢ ٤٥	٦٣ ٣٧	٧ ٤٧
٧ ٤٥	١١ ٢٣	٣١ ٣٥	٢ ٣٠	٦٧ ٢٢	٥ ١٨
٧ ٣٠	٧ ٣٨	٣٢ ٦	٢ ١٥	٧١ ٠٧	٢ ٤٧
٧ ١٥	٣ ٥٣	٣٢ ٢٥	٢ ٠٠	٧٤ ٥٢	٠ ١١
٧ ٠٠	٠٠ ٨	٣٢ ٣٢	١ ٥٨	٧٥ ٨	٠ ٠٠
العصر الاول		٢١ ١٧			
العصر الثاني		١٥ ٤٠	جهة القبلة		٢٧ ٢٤

جدول نمرة (١٤)

درجة الشمس (١) القوس أو ٣٠ الجدى فى ١٠ تشرين الثانى و ٧ كانون الثانى

عرض البلد = ٤١° ونصف مدة النهار = ٤٥ ٤ (قه سا) = ١٧َ ٧١°

ميل الشمس = ١٦َ ٢٠° جنوبية وتمام ميل الشمس = ٤٤َ ٦٩° وغاية الارتفاع = ٤٤َ ٢٨°

بعد الزول			قبل الزوال		
ساعات	زوايا الساعات	ارتفاع الشمس	ساعات	زوايا الساعات	ارتفاع الشمس
٠٠ ١٢	١٧َ ٧١°	٠٠َ ٠٠°	٠٠ ٧	٤٣َ ٣°	٣٩َ ٢٨°
٤٥ ١١	٣٢ ٦٧	٢٩ ٢	٤٥ ٦	٢٨ ٧	٢٠ ٢٨
٣٠ ١١	٤٧ ٦٣	٥٤ ٤	٣٠ ٦	١٣ ١١	٥١ ٢٧
١٥ ١١	٠٢ ٦٠	١٥ ٧	١٥ ٦	٥٨ ١٤	١٠ ٢٧
٠٠ ١١	١٧ ٥٦	٣١ ٩	٠٠ ٦	٤٣ ١٨	١٨ ٢٦
٤٥ ١٠	٣٢ ٥٢	٤٣ ١١	٤٥ ٥	٢٨ ٢٢	١٧ ٢٥
٣٠ ١٠	٤٧ ٤٨	٥٠ ١٣	٣٠ ٥	١٣ ٢٦	٠٤ ٢٤
١٥ ١٠	٠٢ ٤٥	٥١ ١٥	١٥ ٥	٥٨ ٢٩	٤٢ ٢٢
٠٠ ١٠	١٧ ٤١	٤٥ ١٧	٠٠ ٥	٤٣ ٣٣	١٢ ٢١
٤٥ ٩	٣٢ ٣٧	٣٢ ١٩	٤٥ ٤	٢٨ ٣٧	٣٣ ١٩
٣٠ ٩	٤٧ ٣٣	١١ ٢١	٣٠ ٤	١٣ ٤١	٤٧ ١٧
١٥ ٩	٠٢ ٣٠	٤١ ٢٢	١٥ ٤	٥٨ ٤٤	٥٣ ١٥
٠٠ ٩	١٧ ٢٦	٠٣ ٢٤	٠٠ ٤	٤٣ ٤٨	٥٢ ١٣
٤٥ ٨	٣٢ ٢٢	١٦ ٢٥	٤٥ ٣	٢٨ ٥٢	٤٥ ١١
٣٠ ٨	٤٧ ١٨	١٨ ٢٦	٣٠ ٣	١٣ ٥٦	٣٤ ٩
١٥ ٨	٠٢ ١٥	١٠ ٢٧	١٥ ٣	٥٨ ٥٩	١٨ ٧
٠٠ ٨	١٧ ١١	٥١ ٢٧	٠٠ ٣	٤٣ ٦٣	٥٧ ٤
٤٥ ٧	٣٢ ٧	٢٠ ٢٨	٤٥ ٢	٢٨ ٦٧	٣٣ ٢
٣٠ ٧	٤٧ ٣	٣٨ ٢٨	٣٠ ٢	١٣ ٧١	٠٢ ٠
١٥ ٧	٠٢ ٠	٤٤ ٢٨	٢٩ ٢	١٧ ٧١	٠٠ ٠
العصر الاول		٣٠ ١٩			
العصر الثانى		٣٩ ١٤	جهة القبلة		١٤ ٢٣

جدول نمرة (١٥)

درجة الشمس (١) الجدى أو ٣٠ القوس فى ١٠ كانون الاول

عرض البلد = ٤١° ونصف مدة النهار ٥٠′ ٦٧° = ٣١ ٤ (قه سا)

ميل الشمس الجنوبي = ٣٠ ٢٧′ ٢٣° وتمام ميل الشمس ٣٠″ ٣٢′ ٦٦°

غاية الارتفاع = ٣٠ ٣٢′ ٢٥°

بعد الزوال			قبل الزوال		
ساعات	زوايا الساعات	ارتفاع الشمس	ساعات	زوايا الساعات	ارتفاع الشمس
	° ′	° ′		° ′	° ′
١٢ ٠٠	٦٧ ٥٠	٠ ٠٠	٧ ١٥	٣ ٢٥	٢٥ ٢٨
١١ ٤٥	٦٤ ٠٥	٢ ٢٢	٧ ٠٠	٧ ١٠	٢٥ ١٢
١١ ٣٠	٦٠ ٢٠	٤ ٤٠	٦ ٤٥	١٠ ٥٥	٢٤ ٤٥
١١ ١٥	٥٦ ٣٥	٦ ٥٤	٦ ٣٠	١٤ ٤٠	٢٤ ٠٨
١١ ٠٠	٥٢ ٥٠	٩ ٠٣	٦ ١٥	١٨ ٢٥	٢٣ ١٩
١٠ ٤٥	٤٩ ٠٥	١١ ٠٥	٦ ٠٠	٢٢ ١٠	٢٢ ٢١
١٠ ٣٠	٤٥ ٢٠	١٣ ٠٢	٥ ٤٥	٢٥ ٥٥	٢١ ١٣
١٠ ١٥	٤١ ٣٥	١٤ ٥٢	٥ ٣٠	٢٩ ٤٠	١٩ ٥٥
١٠ ٠٠	٣٧ ٥٠	١٦ ٣٥	٥ ١٥	٣٣ ٢٥	١٨ ٢٩
٩ ٤٥	٣٤ ٠٥	١٨ ١١	٥ ٠٠	٣٧ ١٠	١٦ ٥٤
٩ ٣٠	٣٠ ٢٠	١٩ ٣٩	٤ ٤٥	٤٠ ٥٥	١٥ ١١
٩ ١٥	٢٦ ٣٥	٢٠ ٥٨	٤ ٣٠	٤٤ ٤٠	١٣ ٢٢
٩ ٠٠	٢٢ ٥٠	٢٢ ٠٨	٤ ١٥	٤٨ ٢٥	١١ ٢٧
٨ ٤٥	١٩ ٠٥	٢٣ ٠٨	٤ ٠٠	٥٢ ١٠	٩ ٢٦
٨ ٣٠	١٥ ٢٠	٢٣ ٥٨	٣ ٤٥	٥٥ ٥٥	٧ ١٨
٨ ١٥	١١ ٣٥	٢٤ ٣٧	٣ ٣٠	٥٩ ٤٠	٥ ٠٤
٨ ٠٠	٧ ٥٠	٢٥ ٠٧	٣ ١٥	٦٣ ٢٥	٢ ٤٦
٧ ٤٥	٤ ٠٥	٢٥ ٢٥	٣ ٠٠	٦٧ ١٠	٠ ٢٦
٧ ٣٠	٠ ٢٠	٢٥ ٣١	٢ ٥٧	٦٧ ٥٠	٠ ٠٠
العصر الاول		١٧ ٥٥			
العصر الثانى		١٣ ٤٤	جهة القبلة		١٨ ٤٧

جدول نمرة (١٦)

يشتمل على غاية ارتفاعات نقط تلاقى خطوط الساعات بنصف النهار

الساعات		النقصان من وقت الغروب		نصف مدة النهار		نصف فضلة اليوم		ميل الشمس			غاية الارتفاع		
دقيقة	ساعة	دقيقة	ساعة	دقيقه	درجه	دقيقة	ساعة	ثانية	دقيقة	درجة	ثانية	دقيقة	درجة
٤٥	٤	١٥	٧	٤٥	١٠٨	٤٥	١٨	٣٥	١٧	٢٠	٣٥	١٧	٦٩
٠٠	٥	٠٠	٧	٠٠	١٠٥	٠٠	١٥	٤٨	٣٤	١٦	٤٨	٣٤	٦٥
١٥	٥	٤٥	٦	١٥	١٠١	١٥	١١	٥٥	٣٨	١٢	٥٥	٣٨	٦١
٣٠	٥	٣٠	٦	٣٠	٩٧	٣٠	٠٧	٢٥	٣٢	٠٨	٢٥	٣٢	٥٧
٤٥	٥	١٥	٦	٤٥	٩٣	٤٥	٠٣	١٠	١٨	٠٤	١٠	١٨	٥٣
٠٠	٦	٠٠	٦	٠٠	٩٠	٠٠	٠٠	٠٠	٠٠	٠٠	٠٠	٠٠	٤٩
١٥	٦	٤٥	٥	١٥	٨٦	٤٥	٠٣	١٠	١٨	٠٤	٥٠	٤١	٤٤
٣٠	٦	٣٠	٥	٣٠	٨٢	٣٠	٠٧	٢٥	٣٢	٠٨	٣٥	٢٧	٤٠
٤٥	٦	١٥	٥	٤٥	٧٨	١٥	١١	٥٥	٣٨	١٢	٠٥	٢١	٣٦
٠٠	٧	٠٠	٥	٠٠	٧٥	٠٠	١٥	٤٨	٣٤	١٦	١٢	٢٥	٣٢
١٥	٧	٤٥	٤	١٥	٧١	٤٥	١٨	٣٥	١٧	٢٠	٢٥	٤٢	٢٨

جدول نمرة (١٧)

يشتمل على ما يلزم لرسم تقاسيم البروج من ثلاث الى ثلاث درجات على حرف بسيطة اليد لعرض ٤١°

أى غايات الارتفاعات لدرجات البروج من ثلاثة الى ثلاثة أيام

درجات البروج		غايات الارتفاعات الشمالية			درجات البروج		غايات الارتفاعات الجنوبية		
الجوزا	السرطان	ثانيه	دقيقه	درجه	الحوت	الميزان	ثانيه	دقيقه	درجه
٣٠	ابتداء	٣٠	٢٧	٧٢					
٢٧	٣	٢٧	٢٥	٧٢	٢٧	٣	٣٠	٤٨	٤٧
٢٤	٦	٢٠	١٩	٧٢	٢٤	٦	٠٠	٣٧	٤٦
٢١	٩	٠٠	٩	٧٢	٢١	٩	٠٠	٢٦	٤٥
١٨	١٢	٠٠	٥٥	٧١	١٨	١٢	٠٠	١٥	٤٤
١٥	١٥	٠٠	٣٧	٧١	١٥	١٥	٠٠	٥	٤٣
١٢	١٨	٠٠	١٥	٧١	١٢	١٨	٠٠	٥٦	٤١
٩	٢١	٠٠	٤٩	٧٠	٩	٢١	٠٠	٤٨	٤٠
٦	٢٤	٣٥	١٩	٧٠	٦	٢٤	٠٠	٤١	٣٩
٣	٢٧	٣٣	٤٦	٦٩	٣	٢٧	٠٠	٣٥	٣٨
ابتداء	٣٠	٠٠	١٠	٦٩	ابتداء	٣٠	٣٠	٣٢	٣٧
الثور	الاسد				الدلو	العقرب			
٢٧	٣	٠٠	٣٠	٦٨	٢٧	٣	٠٠	٢٩	٣٦
٢٤	٦	٠٠	٤٧	٦٧	٢٤	٦	٠٠	٢٨	٣٥
٢١	٩	٠٠	١	٦٧	٢١	٩	٣٠	٢٩	٣٤
١٨	١٢	٣٠	١٢	٦٦	١٨	١٢	٠٠	٣٣	٣٣
١٥	١٥	٠٠	٢١	٦٥	١٥	١٥	٠٠	٣٩	٣٢
١٢	١٨	٠٠	٢٧	٦٤	١٢	١٨	٣٠	٤٧	٣١
٩	٢١	٣٠	٣٠	٦٣	٩	٢١	٠٠	٥٩	٣٠
٦	٢٤	٠٠	٣٢	٦٢	٦	٢٤	٠٠	١٣	٣٠
٣	٢٧	٠٠	٣١	٦١	٣	٢٧	٠٠	٣٠	٢٩
ابتداء	٣٠	٣٠	٢٧	٦٠	ابتداء	٣٠	٠٠	٥٠	٢٨
الحمل	السنبله				الجدى	القوس			
٢٧	٣	٠٠	٢٥	٥٩	٢٧	٣	٢٧	١٣	٢٨
٢٤	٦	٠٠	١٩	٥٨	٢٤	٦	٢٥	٤٠	٢٧
٢١	٩	٠٠	١٢	٥٧	٢١	٩	٠٠	١١	٢٧
١٨	١٢	٠٠	٤	٥٦	١٨	١٢	٠٠	٤٥	٢٦
١٥	١٥	٠٠	٥٥	٥٤	١٥	١٥	٠٠	٢٣	٢٦
١٢	١٨	٠٠	٤٥	٥٣	١٢	١٨	٠٠	٥	٢٦
٩	٢١	٠٠	٣٤	٥٢	٩	٢١	٠٠	٥١	٢٥
٦	٢٤	٠٠	٢٣	٥١	٦	٢٤	٤٠	٤٠	٢٥
٣	٢٧	٣٠	١١	٥٠	٣	٢٧	٣٣	٣٤	٢٥
ابتداء	٣٠	٠٠	٠٠	٤٩	ابتداء	٣٠	٣٠	٣٢	٢٥

جدول نمرة (١٨)

يشتمل على ما يلزم لرسم تقاسيم الشهور من ثلاثة الى ثلاثة أيام على حرف بسيطة اليد العرض ٤١°
أى غايات ارتفاعات الشهور من ثلاثة الى ثلاثة أيام

الشهور	الايام	غايات الارتفاع	الشهور	الايام	غايات الارتفاع	الشهور	الايام	غايات الارتفاع	الشهور	الايام	غايات الارتفاع	الشهور	الايام	غايات الارتفاع
حزيران	٩	٢٧ ٧٢	ايلول	٣	٥١ ٥١	كانون الاول	٣	٤٢ ٢٥	مارت	٣	٠٥ ٤٧	حزيران	٣	٢٠ ٧٢
	١٢	٢٥ ٧٢		٦	٤١ ٥٠		٦	٣٥ ٢٥		٦	١٦ ٤٩		٦	٢٥ ٧٢
	١٥	٢٠ ٧٢		٩	٣١ ٤٩		٩	٣٣ ٢٥		٩	٢٦ ٤٩		٩	٢٧ ٧٢
	١٨	١٠ ٧٢		١٢	٢٢ ٤٨		٩	٣٣ ٢٥		١٢	٣٧ ٥٠			
	٢١	٥٧ ٧١		١٥	١١ ٤٧		١٢	٣٥ ٢٥		١٥	٤٧ ٥١			
	٢٤	٤٠ ٧١		١٨	٠١ ٤٦		١٥	٤١ ٢٥		١٨	٥٨ ٥٢			
	٢٧	١٩ ٧١		٢١	٥١ ٤٤		١٨	٥٢ ٢٥		٢١	٠٧ ٥٤			
	٣٠	٥٥ ٧٠		٢٤	٤٢ ٤٣		٢١	٠٢ ٢٦		٢٤	١٦ ٥٥			
				٢٧	٣٣ ٤٢		٢٤	٢٠ ٢٦		٢٧	٢٣ ٥٦			
				٣٠	٢٥ ٤١		٢٧	٤٢ ٢٦		٣١	٥٢ ٥٧			
							٣١	١٧ ٢٧						
تموز	٣	٢٨ ٧٠	تشرين اول	٣	١٨ ٤٠	كانون الثاني	٣	٤٧ ٢٧	نيسان	٣	٥٦ ٥٨			
	٦	٥٨ ٦٩		٦	١٢ ٤٩		٦	٢٢ ٢٨		٦	٠٠ ٦٠			
	٩	٢٤ ٦٩		٩	٠٧ ٣٨		٩	٠٠ ٢٩		٩	٠١ ٦١			
	١٢	٢٧ ٦٨		١٢	٠٤ ٣٧		١٢	٤١ ٢٩		١٢	٠١ ٦٢			
	١٥	٠٨ ٦٨		١٥	٠٢ ٣٦		١٥	٢٥ ٣٠		١٥	٥٩ ٦٢			
	١٨	٢٥ ٦٧		١٨	٠٣ ٣٥		١٨	١٣ ٣١		١٨	٥٥ ٦٣			
	٢١	٤٠ ٦٦		٢١	٠٥ ٣٤		٢١	٠٤ ٣٢		٢١	٤٩ ٦٤			
	٢٤	٥٢ ٦٥		٢٤	٠٩ ٣٣		٢٤	٥٧ ٣٢		٢٤	٤٠ ٦٥			
	٢٧	٠١ ٦٥		٢٧	١٦ ٣٢		٢٧	٥٢ ٣٣		٢٧	٢٩ ٦٦			
	٣١	٥١ ٦٣		٣١	٠٩ ٣١		٣١	١٠ ٣٥		٣٠	١٥ ٦٧			
اغسطوس	٣	٥٥ ٦٢	تشرين ثاني	٣	٢٢ ٣٠	شباط	٣	١٠ ٣٦	مايس	٣	٥٩ ٦٧			
	٦	٥٨ ٦١		٦	٣٨ ٢٩		٦	١٣ ٣٧		٦	٣٩ ٦٨			
	٩	٥٨ ٦٠		٩	٥٨ ٢٨		٩	١٧ ٣٨		٩	١٧ ٦٩			
	١٢	٥٧ ٥٩		١٢	٢٠ ٢٨		١٢	٢٣ ٣٩		١٢	٥١ ٦٩			
	١٥	٥٤ ٥٨		١٥	٤٦ ٢٧		١٥	٢٩ ٤٠		١٥	٢٣ ٧٠			
	١٨	٥٠ ٥٧		١٨	١٦ ٢٧		١٨	٣٧ ٤١		١٨	٥١ ٧٠			
	٢١	٤٥ ٥٦		٢١	٤٩ ٢٦		٢١	٤٦ ٤٢		٢١	١٥ ٧١			
	٢٤	٣٩ ٥٥		٢٤	٢٦ ٢٦		٢٤	٢٠ ٤٣		٢٤	٣٦ ٧١			
	٢٧	٣١ ٥٤		٢٧	٠٧ ٢٦		٢٧	٠٧ ٤٥		٢٧	٥٤ ٧١			
	٣١	٠٠ ٥٣		٣٠	٥٢ ٢٥		٢٩	٥٤ ٤٥		٣١	١٩ ٧٢			

(١٩)

جدول العصر الاول الآفاقى

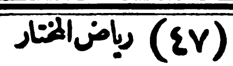
ارتفاع الشمس	غايات الارتفاع		ارتناع الشمس	غايات الارتفاع	
درجه	دقيقه	درجه	درجه	دقيقه	درجه
٠٠	٠٠	٠	٢٣	٢٥	٣٦
١	٥	١	٢٤	٤٥	٣٨
٢	٥	٢	٢٥	٧	٤١
٣	٥	٣	٢٦	٣٥	٤٣
٤	١٧	٤	٢٧	٥	٤٦
٥	٢٧	٥	٢٨	٣٨	٤٨
٦	٤٠	٦	٢٩	١٢	٥١
٧	٥٧	٧	٣٠	٤٧	٥٣
٨	١٧	٩	٣١	٢٥	٥٦
٩	٣٨	١٠	٣٢	٠٠	٥٩
١٠	٥	١٢	٣٣	٤٠	٦١
١١	٣٢	١٣	٣٤	١٥	٦٤
١٢	٧	١٥	٣٥	٤٦	٦٦
١٣	٤٢	١٦	٣٦	٢٥	٦٩
١٤	٢٢	١٨	٣٧	٩٤	٧١
١٥	٥	٢٠	٣٨	٢٨	٧٤
١٦	٥٥	٢١	٣٩	٤٦	٧٦
١٧	٤٥	٢٣	٤٠	٨	٧٩
١٨	٤٥	٢٥	٤١	٢٥	٨١
١٩	٤٥	٢٧	٤٢	٤٣	٨٣
٢٠	٤٥	٢٩	٤٣	٥٥	٨٥
٢١	٥٥	٣١	٤٤	٥٥	٨٧
٢٢	٧	٣٤	٤٥	٠٠	٩٠

(٢٠)

جدول العصر الثانى الآفاقى

ارتناع الشمس	غايات الارتناع	
درجه	دقيقه	درجه
٠٠	٠٠	٠٠
١	٣	١
٢	٧	٢
٣	٢٢	٣
٤	٣٧	٤
٥	٢	٦
٦	٣٥	٧
٧	١٥	٩
٨	٣	١١
٩	٣	١٣
١٠	١٢	١٥
١١	٣٧	١٧
١٢	١٨	٢٠
١٣	١٢	٢٣
١٤	٢٧	٢٦
١٥	٠٠	٣٠
١٦	٥٥	٣٣
١٧	١٢	٣٨
١٨	٥٢	٤٢
١٩	٥٥	٤٧
٢٠	١٢	٥٣
٢١	٤٩	٥٨
٢٢	٣٥	٦٤
٢٣	٢٨	٧٠
٢٤	١٠	٧٦
٢٥	٤٧	٨١
٢٦	٥	٨٧

والى هنا وقف بنا جواد اليراع فى تعريب هـذا الكتاب
الذى جاء قرة للعيون وسرورا لقلب الشجى المحزون
والحمد لله أولا وآخرا باطنا وظاهرا وأفضل
الصـلاة وأتم التسليم على سيدنا
ومولانا محمـد الرؤف الرحيم
وعلى آله وصحبه مالاح
بدر تمام وفاح
مسـك
ختام



(بسم الله الرحمن الرحيم)

(يقول خادم تصحيح العلوم بدار الطباعة العامرة ببولاق مصر القاهرة الفقير الى الله تعالى محمد الحسينى اعانه الله على اداء واجبه الكفانى والعينى)

يامن أدار الافلاك بقدرته ودبر الاملاك بحكمته (نحمدك) على ما أطلعت فى مطالع نفوسنا من طوالع معرفتك ونشكرك على ما أشرقت فى سماء عقولنا من شوارق حكمتك (ونصلى ونسلم) على قطب فلك الجمال ومركز مدار الجلال سيدنا ومولانا محمد الذى ختمت به الرسالة وهديت به من الضلالة وعلى آله نجوم الهدى وصحبه رجوم العدا (اما بعد) فان الله سبحانه لما أتقن وضع العالم على أحكم أساس وأبدع شكل النصبة الفلكية ونظم الهيئة العلوية السماوية على أغمض وضع وأدق هنداس وأحكم ربط العالم السفلى كلياته وجزئياته جلياته وخفياته بالعالم العلوى من افلاكه وكواكبه فى جميع اوضاعه وحركاته وسكناته وجعله مدبرا له ومؤثرا فيه ومبرزا لغامضه وخافيه فسبحانه من اله تعجز سوابق الفهوم عن ادراك غوامض إحكامه وتقف منيرات العقول عند نوافذ أقداره وأحكامه أطلع من فضله خواص عباده على هذا الوضع البديع وأفاض على عقولهم من علوم هذه الاسرار ولطائف دقائق هذا الصنيع مااطلعوا به على ظواهر هذا العالم السفلى وبواطنه وتمكنوا من اتقان أوضاعه وبث جلاياه وابراز كوامنه فعرفوا من نصبة الافلاك وحركات كواكبها البادية والخفية على نقط مناطقها ودوائرها مايحتاج الى معرفته من أحوال الكرة الارضية وما يتوصل به الناس الى اصلاح شؤنهم الدنيوية والاخروية وألف العلماء الفضلاء فى ذلك التآليف الجمة وشمروا ساعد الاجتهاد والهمة وأحسنوا التصانيف والارصاد والاوضاع وأتقنوا فيه الازياج والاسطرلابات والبسائط والارباع فورد الناس من فن الميقات المورد العذب النمير وانتهل من صافى مناهله كل كبير وصغير حتى ضرب الجميع من ذلك بعطن وانتفعوا به فى كل اقليم ووطن وممن أحرز قصب السبق فى هذا المضمار وفاق كل مبارز له فيه وظهر فضله ظهور الشمس فى رابعة النهار الرياضى الذى لايشق له غبار والاستاذ الذى له اليد الطولى وجميل الآثار ذو الدولة الغازى أحمد باشا مختار ادام الله طلعته وأزهر نبعته فقد ألف هذا الكتاب الجليل

الحافل الذى هو بجمع أشتات هذا الفن ورقائقه كافل نظم به الانجم الزهر عقودا ونشر به لطائف الطرف أعلاما وبنودا وذخر فى كنوزه من طرائف التحف غرائب جمة وأحرز فى حصونه من نفائس النخب عجائب مهمة الا انه أفرغه فى قالب اللغة التركية فعجز عن الوصول اليه مع شدة الشوق الى الحصول عليه أهل العربية فانتهض الى تعريبه وفتح كنوزه واظهار اسرار تراكيبه الهمام الذى لا يجاريه مجار فى هـذا الميدان والشهم النبيل المثنى عليه بكل لسان الفطن اللبيب والنطن الاريب ذو القدر المهيب والخلق الحسن حضرة شفيق بيك منصور يكن فترجمه حفظه الله وأظهر من محاسنه وكشف حجبه المصون وابرز طائره الميمون من مكامنه خفاء بحمد الله جامعا بين دقة المعنى من الاصل ورقة المبنى من الفرع يهيم بعرائسه الفكر ويطرب بنفائسه السمع

كأنما هو تاج الملك كله * بأبهج الدر أبهى بارع صنع

وشرع فى طبع هذا التعريب بعد طبع أصله البديع الغريب بالمطبعة العامرة ببولاق مصر القاهرة الى أن انتهى طبعه على ذمة حضرة مترجمه ومكثر نفعه ومعممه فبرز بحول الله يتيه بحسن مثاله على أمثاله معجبا برشاقته وبديع جماله متبرجا بلطف شكله بين أشكاله يبهج الناظر بهاؤه ويسر الخاطر رواؤه * فى ظل الحضرة الفخيمة الخديوية وعهد الطلعة المهيبة البهية التوفيقية حضرة المليك الاكرم والداورى الافخم

همام كسا الدنيا غلائل بهجة * فأيامه غر وأنجمه زهر

مليك كساه الفضل أثمن حلة * وآلاؤه من دونها يصغر البحر

له همم يربو على العد حدها * وأصغر صغراها يقل لها الدهر

وارث الملوك الاماجيد وسلالة السراة الصناديد عزيز الديار المصرية وحامى حمى حوزتها النيلية الذى ألبس مصر حلة الثروة والافتخار وافتخر به هذا العصر على سائر الاعصار ذو الفضل العميم والفخر الجلى أفندينا محمد توفيق بن اسمعيل بن ابراهيم بن محمد على أدام الله أيامه ووالى علينا انعامه مهنأ البال بأشباله مسرور الفؤاد بانجاله خصوصا أكبر أنجاله الشهم الهمام وولى عهده البدر التمام ملحوظا هـذا الطبع الظريف بنظر من عليه حسن مساعيه بلسان الصدق يثنى جناب وكيل الاشغال الادبية بهذه المطبعة البهية محمد بيك حسنى ووافق تمام طبعه

وكمال ازهاره وينعه أوائل شهر رمضان المعظم سنة ١٣٠٦ ألف وثلثمائة وست من هجرة النبي الاكرم والرسول الاعظم سيدنا ومولانا محمد خاتم الرسل الكرام عليه وعلى آله وصحبه أفضل الصلاة واتم السلام كلما ذكره الذاكرون وغفل عن ذكره الغافلون ولما لاح من مشرق التمام بدره وفاح فى نادى الكمال عبيره ونشره انطلق يقرظه مؤرخا عام طبعه أدهم اليراع بمايروق الاسماع فقال

روض بدا فيه هلال * أم شادن حسن الدلال
خفر يهز قوامه * لدنا فيزرى بالعوال
يخطو ويخطر فى الربا * والورد فى خديه حال
أبدى قسىّ حواجب * سهرا مفوّقة النبال
ورمى فؤاد مشوقه * وبصارم الالحاظ صال
وسطا على عشاقه * وبلب ذى الاذواق مال
سفرت لدينا شمسه * فخلا لنا فيه المقال
بل أسطر نظمت عيـ * ـن الدرّ فى أبهى مثال
وكأنها النفثات فى * عقد من السحر الحلال
جمل ترنح ذا النهى * ذات اليمين وذا الشمال
سفر يقرّب لطفه الـ * ـمعضل البعيدات المنال
يستنزل العصم المنيـ * ـعة من ذرى القنن العوال
ويذلل الصعب الشمو * س على عباهير الرجال
أهدى الينا أنفس الـ * ـميقات والحكم الغوال
وجلا لنا منه الحسا * ن تميس فى حلل اختيال
وحلا به الطبع الجميـ * ـل وراق منهله الزلال
وبدت محاسنه ولا * ح بأفقه بدر الكمال
واذ استتم بهاؤه * وسما به أوج الجلال
أرخته طبع الريا * ض كله زاهى الجمال

١٠٥ ٢٣ ٥٥ ١٠٤٢ ٨١

سنة ١٣٠٦

وكتب

وكتب أيضا بديع هذا الزمان ونابغة هذا الآن
الاديب الماهر والبارع الباهر العلامة الشيخ طه محمود قطارية
أحد فضلاء المصححين بدار الطباعة الميرية فقال

ماراح فى طلب المحامد أو غدا ... من كان فرصته عشاء أو غدا
كلا ولاسبل المعالى اجتازها ... كلف بغيدا تيمته وأغيدا
هيهات أن يرقى لمجد ذروة ... الا فتى هجر التصابى والددا
وافتك من عقل الجهالة عقله ... ودعا الى النهج القويم وأرشدا
نهج الألى كانت بنوة آدم ... عن مثلهم خبرا وكانوا المبتدا
وبهم ليالى الدهر كانت كلها ... بيضا ووجه الضد فيهم أسودا
وقفوا على طلب العلوم حياتهم ... لما رأوا ذا العلم حيا مخلدا
لولا الذى شادوه من أركانه ... لم تلف ركنا للعلوم مشيدا
فاهجر كما هجروا الكرى وانسج على ... منوالهم فهم أئمة الاقتدا
وارصد بعينهم التى رصدوا بها ... جعلوا لها نفع البرية اعتدا
أوما ترى ما اختاره مختارهم ... هذا الوزير حليف شرعة أحمدا
الاوحد المولى الهمام أخوا الحجا ... والرأى والسهم الذى قد سددا
أكرم به صدرا تصدر بالتقى ... وبعزمه المشهور أصبح سيدا
قد اودع الميقات سفرا مسفرا ... عن كونه فى كل جمع مفردا
جادت يداه به رياضا جادها ... صوب الصواب وحاطها قطب الهدى
عجمت فعربها وقربها لنا ... شهم شفيق القلب أكرم محتدا
وهو الأمير ابن الامير وصهر من ... أضحى بتوفيق الاله مؤيدا
الداورى عزيز مصر مليكنا ... حامى ذمار الحق مبذول الندى
فاحرص على تلك الرياض فانها ... بالخير توسع من يمد لها اليدا
وارصد بمطلعها السعود جميعها ... واعمد بذابحها الى نحر العدا
جاءت اليك بطبعها تختال فى ... ثوب الكمال فكن لها متوددا
واشكر لمن أسدى الجميل مؤرخا ... طبع الرياض كأنه صبح بدا

سنة ١٣٠١ ... ٨١ ١٠٤٢ ٧٦ ١٠٠ ٧

وكتب أيضا ذو القـدر المنيف الالمعىّ الاديب اللطيف الجاذب برقائقـه لب كل مشوق حضرة حفنى أفندى ناصف مدرس الانشاء بمدرسـة الحقوق فقال

للعـلم فى عصر العـزيز شروق ... يزهـو لقابس نوره ويروق
فى كـل يوم من حلاه رونق ... يبـدو ودرّ فوائد منسـوق
تتسابـق الافكار فى أيامـه ... فيفوز سابقهـن والمسـبوق
تجـد المعارف فى وريف ظلاله ... منـه هـدى ويحوطها التوفيق
أو ما ترى التصنيف أصنافا وفى ... إحصائه ذرع الحساب يضـيق
لا تحصر الآلاف تأليفات من ... عشقوا العلوم وهل يمل مشوق
ورياض مختار الفوائد بينها ... عـلم له فى الخافقـين خفوق
سـفر بآيات المحاسـن مسـفر ... ومحرّر عذب الكـلام رقيق
تختال تيها فى سطور طروسـه ... غـرر الفنون يزينها التحقيق
من كل شاردة يطيب لقيـدها ... سهد الجفون ويعـذب التأريق
شرح المـزاول للمزاول فانتهى ... بكلامـه التحبـير والتنسـيق
وغـريب أبحاث الغرو بيات لم ... يسـبق اليـه وقد يعـز لحوق
أبدى بالأسـطرلاب والربعين ما ... سبقت اليه العـرب والاغريق
ننشتـه أقـلام الوزير وكم لها ... فى حز أعناق العـلوم حقوق
مختـارنا الغـازى الذى لظباه فى ... هام العدا التغريب والتشريق
قـد باين القـلم الحسام فشأنه ... جمـع وهـذا شأنه التفـريق
إن جال بدّد فالخميس مفـرّق ... أو قال سـدّد فالفتوق رتوق
عـرف المـلوك مكانه فجميعهم ... لشـهود آثار الوزير يتوق
أهـدته برلـين نشان تجـلة ... ورعته مصر ومكـة وفروق
وتحجبت تلك المعانى برهـة ... عنا وما كاد الفـؤاد يطيـق
ثم ازدهت بعبـارة عربيـة ... قـد صاغها علم الكمال شـفيق
المـدرك الاسرار وهى خفيـة ... ومبـين وجـه الحق وهو دقيق
والقانص الأبحاث وهى شوارد ... والغائص الترجيح وهو عميـق
تنميه دوحـة سودد أغصانها ... كل بعنصره الكـريم وريق
من ضمه نسب الخـديو فانه ... لاريب فى الشرف الأثيل عريق
جـدّ الطلاب الى الكمال فناله ... والجـد للمجـد الطريف طريق
وتأيدت بالعـلم راية عـزه ... والعـلم ان عـز الفـريق رفيق
قد ألبس التعريب ثوب طلاوة ... فبدا وشكل الحسـن فيه أنيق
وأجاد فى تهـذيـبه وسما به ... طبع كـما سار النسيم رقيق
تتناشـد الارواح فى تاريخـه ... فى الحلى ياطبع الرياض تفوق

سنة ١٨٠١ ... ١٦٩ ٩٢ ١٠٤٢ ٥٨٦